Untersuchungen

an der

natürlichen, wasserhaltigen Kieselsäure.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der Philosophischen Fakultät, Sektion II

der Ludwig-Maximilians-Universität, München

vorgelegt am 19. 5. 1927

von Karl Helmut Dauber aus Landstuhl (Pfalz).

1931

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Zur Einführung.

Untersuchungen über das Wesen der wasserhaltigen, sog. kolloidalen Kieselsäure-Mineralien bilden ein in der Literatur gerne behandeltes Kapitel. Wenn auch heute noch darüber viel geschrieben wird (s.Lit.-Verz.), so ist dies ein Beweis dafür, dass noch manche Frage auf diesem Gebiet zu lösen ist. So will auch die vorliegende Arbeit ein Beitrag zu ihrer Lösung sein.

Es ist mir eine angenehme Pflicht allen denen meinen herzlichsten Dank auszusprechen, die mich bei meiner Arbeit mit Rat und Tat unterstützten: meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor H. Steinmetz, Herrn R. Bapp, Oberstein a.d.N. und den Assistenten Herrn Dr. Müllbauer und Herrn Dr. Mussgnug.

==========

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547414_0056

I. Die Hyalitklasse.

1. Hyalit Kulmain-Oberpfalz.

n 1,449 d 2,151 - 2,156.

Das bearbeitete Material kommt auf Basalt vor. Es sieht folgendermassen aus: Die „Hyalittropfen" sind durchschneidend bis durchsichtig und farblos, z.T. auch schwach gelblich bis braun gefärbt, infolge einer geringen Beimengung von Eisenoxyd. Der Form nach sind sie Wulste oder auch traubenartige Gebilde, welche sich meistens zu Ringen oder Schalen zusammenschliessen, sodass jeweils in der Mitte eine geringe Vertiefung entsteht. Diese Gestaltung ist für alles derartige Material charakteristisch.

Zum Teil ist die Hyalitsubstanz schon etwas verwittert und bildet ein stark eisenoxydhaltiges, leicht zu pulverisierendes, schwach ockerbraunes Material, das auf dem Basalt ziemlich gleichmässig aufsitzt, aber im Gegensatz zum wasserklaren Hyalit sich leicht von ihm abtrennen lässt.

Analyse: SiO_2 95,90 % H_2O 4,06 %
$Al_2O_3(Fe_2O_3)$ 0,22 " $K_2O(Na_2O)$ 0,12 %

2. Hyalit Waltsch-Böhmen

d 2,160 - 2,170 n 1,445
H_2O 3,49 - 3,53 % SiO_2 96,02 %.

Der Hyalit von Waltsch, der auch von anderer Seite schon untersucht wurde, findet sich tropfenförmig auf Basalt oder glasuartig auf Apatit. Der Wassergehalt ist beidemal rund 3,50 %.

3. Hyalit Tateyama(Prov.Etchu)-Japan.

d 2,138 n 1,448 H_2O 4,70 %.

Der Hyalit wurde von T.Wada in „Minerals of Japan" (Tokio 1904) ausführlich beschrieben. Er besteht aus lauter Kügelchen von etwa 1,65 mm Durchmesser von schaligem, achatartigem Aufbau. (Aufn.20) Beim Erwärmen wird die zonare Textur deutlich sichtbar. Mindestens 7 Zonen sind zu zählen.

4. Hyalit Cbererlenbach b.Frankfurt a.M.

d 2,164 n 1,448 H_2O 2,93 % SiO2 96,97.

Die Hyalitmasse sitzt als ein glasflussartiges Gebilde auf dem Muttergestein auf. Sie ist nirgendwo verwittert und zeigt schwache Interferenzfarben.

5. Hyalit Kaiserstuhl - Baden.

H_2O 2,84 % d 2,73.

Der Hyalit sitzt in kleinen tropfenförmigen Gebilden auf Calcit auf, welcher ganz gleichmässig über dem Gestein, Limburgit, ausgebreitet ist. Walchner gab seinen Wassergehalt mit 2,64 %, Damour mit 3,01 % an (Hintze, siehe Lit.).

6. Hyalit Rüdigheim b. Hanau.

d (2,140)- 2,160 H_2O 3,80 % n 1,457.

Der Hyalit liegt in zwei verschiedenen Stücken vor, die sich im Wassergehalt nicht, wohl aber dadurch unterscheiden, wie die Hyalitsubstanz auf dem Gestein aufsitzt. Das erste Stück, eine glasige, klar durchsichtige Masse ist der äusseren Gestaltung nach von nie riger Form wie der Hyalit von Waltsch, nicht verwittert, schwach braun gefärbt durch einen Gehalt von Eisenoxyd.

Das zweite Stück sieht folgendermassen aus: Das Muttergestein ist von einer bald dünneren, bald dickeren Schicht von bräunlich-weisser bis ganz weisser Farbe z.T. überzogen. Die Substanz sitzt in der Hauptsache in Sprüngen und Höhlungen, doch berührt sie, wohl infolge Einschrumpfens des ursprünglichen Gels, das Muttergestein selten mehr. Sie zerbröckelt verhältnismässig leicht. Während sie aber nach unten zwar die der Bodensubstanz angepassten Formen aufweist, aber wie eben gesagt, nur in seltener und, wenn ja, in loser Verbindung mit ihr steht, ist sie nach oben hin von einer zweiten, quarzgutartigen, trüb weissen, kompakten Schicht gleichmässig überzogen. Im Gegensatz zu ihr ist die erste körnig, sandig. Die zweite Schicht überdeckt die untere vollständig und greift auch weiterhin noch auf das Muttergestein über, auf dem sie dann ausserordentlich fest aufsitzt. Über dieser zweiten Schicht sitzt als dritte der eigentliche Hyalit, der seinerseits wieder über die zweite Schicht weit hinaus sich auf dem Muttergestein ausbreitet. Er ist glasig, durchsichtig, zeigt schwache Interferenzfarben, ist hie und da durch Spuren von Eisenoxyd bräunlich gefärbt und weist die den Hyaliten eigentümliche ringförmige, traubige und wulstige Form auf.

Für die eigentliche Hyalitschicht sind die Einschlüsse charakteristisch. Bemerkenswert sind die vertikale, lamellare, röhrenförmige Textur der zweiten Schicht, (Aufn.15) die horizontale Bänderung der dritten (Aufn.17), die starken Interferenzfarben derselben bei bedeutenderer Dicke, das Vorkommen der Hyalitsubstanz als Ausfüllung der Hohlräume zwischen Muttersubstanz und erster Schicht und weiterhin der höhere Wassergehalt der 1ten und 2ten Schicht gegenüber dem Hyalit. Er betrug 4,82 % gegenüber 3,80 % beim Hyalit. Den Wassergehalt der 1ten und 2ten Schicht gesondert zu untersuchen, war wegen der zu festen Bindung und der nicht ausreichenden Menge der beiden nicht möglich. Die oben genannten Röhren der zweiten Schicht ragen in die Hyalitsubstanz borstenförmig hinein. Bei längerem Behandeln mit 20 %iger Salzsäure zeigte sich bei dem Schliff selbst keine Veränderung. Die Einschlusskörper jedoch lösten sich restlos auf und hinterliessen lediglich Hohlräume. Alle diese Körper zeigten lebhafte Interferenzfarben. Aufn.15 zeigt einen Schliff mit den Spindeln. Die grösste von ihnen (Aufn.17) misst etwa 1 mm in der Längsachse. Alle stehen senkrecht zur Basis des Hyalits. Besonders schön ist Aufn.16. Sie stellt ein „sauber und gleichmässig gearbeitetes Kegelspiel" dar mit 8 im Kreise angeordneten Kegeln. Bei der flächenhaften Zeichnung der Aufnahme sind diese selbstverständlich nicht alle sichtbar. Als „Kegelkugeln" fungieren bei diesem Spiel zahlreiche kleine kegelförmige Körper, die Spitze nach unten mit einer Ausnahme. Fig.18 zeigt einen solchen, welcher aus der umschliessenden Hyalitmasse herausgetrennt werden konnte. Durch Mikroanalyse liess sich beim Befeuchten mit Salzsäure Gasentwicklung feststellen. Die salzsaure Lösung ergab durch Flammenreaktion Anwesenheit von Spuren von Kalzium. Calcit oder Aragonit als fragliche Körpersubstanz wäre dadurch wahrscheinlich gemacht. Gegen die Annahme dieser Mineralien als Füllungsmaterial für die Hohlräume spricht das optische Verhalten der Spindeln, die nicht bunte Interferenzfarben, sondern das Weiss höherer Ordnung geben müssten.

Nun noch eine wichtige Beobachtung. Ich fand in dem Hyalit ganze „Nester" von Bläschen, kleinen Hohlräumen, die vielleicht mit Wassertröpfchen, wahrscheinlicher aber mit einem Gas, Kohlendioxyd oder Luft gefüllt sind. Ein solcher Komplex zählt immer mehrere Hundert dieser Bläschen.

Bemerkenswert ist die durchweg zonare Struktur der Einschlusskörper und die schleierartige Auslöschung bei X Nikols in der Hyalitschicht.

7. Hyalit Vörösvagas - Ungarn.

d 2,131 H_2O 5,45 % n 1,451.

Das Handstück dürfte das jüngste unter den vorliegenden Hyaliten sein, wie schon sein relativ hoher Wassergehalt beweist. Das Stück ist wie mit einer Zuckerglasur bestrichen. Die Hyalisubstanz sitzt überall gleichmässig auf. An einer Stelle erscheint sie orientiert, Kristallnadeln sehr ähnlich. Zum Teil zeigt sie die bekannte tropfige und warzige Gestaltung, zum Teil ist sie ganz flächenhaft ausgebreitet und an ihrer Oberfläche wie mit Mehl bestäubt. Dieser Mehlstaub, wohl verwitterter Hyalit, ist mit Bürste und Wasser nicht zu entfernen. Der Hyalit selbst ist wasserklar.

8. Hyalit San Louis Potosi - Mxiko.

d 2,178 H_2O 2,87 % n 1,445.

Der Hyalit, ein grosskugeliges Gebilde, ist vollständig wasserklar und sitzt auf einer dünnen Schicht gelblich weisser Opals auf, welche eine bräunliche-rötliche Karneolmasse bedeckt. Er ist umgeben von kleinen Kügelchen, die teilweise noch klarer Hyalit, teilweise aber schon trüber Calcedon mit bläulichem Perlglanz sind, wie wir sie von den Vorkommen auf Asphalt vom Puz de Dôme herkennen. An einer Stelle gehen die Calcedonkügelchen langsam in Quarzkriställchen über, die gut ausgebildete Kristallflächen erkennen lassen.

9. Hyalit Potosi (Mexiko).

H_2O 2,64 %.

Dieser Hyalit ist ein grosskugeliges Gebilde, gänzlich farblos, und sitzt auf einem Stück braun violetten Karneols auf. Er ist dem unter 8 beschriebenen Hyalit sehr ähnlich.

II. Die Opalklasse.

a) Edelopale.

10. Edelopal Australien (violett).

d 2,101 – 2,104 H_2O 6,88 % n 1,442.

Der vorliegende Edelopal ist im auffallenden Licht gleichmässig violett, im durchfallenden Licht indisch-gelb gefärbt. Sein Fundort dürfte White Cliffs sein. Unter dem Mikroskop zeigt sich, dass die färbenden Bestandteile nicht gleichmässig orientiert über den Schliff verteilt sind, da gewisse Farblagen erst bei einer gewissen Drehung der Objektscheibe zum Vorschein kommen. Das homogene Farbspiel wird also durch eine Anzahl übereinanderliegender, in sich nicht gleichgerichteter Schichten hervorgerufen.

11. Edelopal - White Cliffs.

H_2O 6,72 % d 2,113.

Der untersuchte Edelopal ist ein Stück jener einst so häufigen, heute so seltenen Funde von White-Cliffs - Australien, die Pseudomorphose zeigen. Seine Gestalt ist die eines "Morgensterns". Die langgestreckten, spiessigen "Kristalle" gehen vom Mittelpunkt radial auseinander. Der Dünnschliff liess unter dem Mikroskop gar keine Struktur erkennen, auch nicht beim schrittweisen Erhitzen auf 80^0, 180^0 und 400^0. Bei dieser Temperatur sprang der Schliff. Vorher schon waren kleine kreisrunde Partikelchen anscheinend wahllos abgesprungen, eine Erscheinung, die auch der später beschriebene Kosemitzer Opal beim Erhitzen zeigt.

12. Edelopal Queensland.

Während vom violetten Edelopal 10 sehr viel Material vorliegt, reicht es bei diesem und dem nächsten nur für einige Schliffe. Edelopal 12 ist durchscheinend gelb mit vereinzelten rosa Pünktchen, im auffallenden Licht violett mit reichlich eingestreuten himmelblauen und smaragdgrünen Flitterchen. Der Schliff hat stellenweise noch etwas Bodensubstanz. Unter dem Mikroskop zeigen sich in buntester Anordnung hell- und dunkelgelbe, rötliche, himmelblaue, grüne und violette Farbflecke, besonders schön und intensiv an die braune Erde angelagert. Alle, besonders die letztgenannten, doch mit Ausnahme der rosa Teile, ändern ihre Farbe mit dem Drehen der Objektscheibe. Doppelbrechung ist nicht zu beobachten. Der Schliff erscheint vollständig homogen. Die Farben erscheinen bei x Nikols intensiver und verschwinden in einer Drehung von 180^0.

13. Edelopal Queensland.

Dieser Opal erscheint im durchfallenden Licht indisch-gelb und rosa, im auffallenden prachtvoll intensiv grün und violett. Die bei durchfallendem Licht roten Teile sind bei auffallendem grün; der Opal verhält sich bei einer Drehung wie der eben beschriebene 12. Die Masse ist homogen. Die einzelnen Farbflecke setzen sich aus gleichzeitig gefärbten lamellenartigen Fäserchen zusammen, an denen unter dem Mikroskop nichts Auffälliges festzustellen ist.

G ü r i c h , der die federartige Streifung bei den Edelopalen schon beobachtete, sagt darüber: (s.Lit.)

„Besonders in den grün leuchtenden Feldern ist eine feine Parallelstreifung sehr deutlich, die an die Zwillingsstreifung beim Kalkspat erinnert. Diese Streifung ist keine Oberflächenerscheinung, sondern muss in der Struktur des Opal begründet sein."

14. Edelopal Barcoo River (Queensland).

d 2,110 H_2O 6,81 % n 1,444.

Der Opal ist im durchfallenden Licht weingelb, im auffallenden violett. Er ist klar durchsichtig. Ihm fehlt die milchige Trübe des Opal 10.

15. Edelopal Australien.

d 2,119 - 2,121 H_2O = 6,66 %.

Der Opal ist eine weisse porzellanartige Masse, schwach durchscheinend, mit geringem Farbspiel in violett. Man könnte ihn als Milchopal bezeichnen.

16. Edelopal Australien.

H_2O = 6,53 %.

Der Opal ist eine bläulich-weisse, durchscheinende, im durchfallenden Licht bräunlich-rötliche Masse mit ungleichmässigem, stellenweise sehr schönem Farbenspiel in violett, blaugrün und grasgrün.

17. Edelopal(bunt) Vorösvagas - Ungarn.

n 1,443 H_2O 6,10 % Damour) Lit.s.
d 2,090 - 2,140 " 10,94 Kobell) Doelter
H_2O 5,59 % " 10,00 % Bauer) s.Lit.
9,73 % Rinne) N.7 BBd.39(Lit.).

Die Edelopale, einzelne Abfallstücke, haben durchweg ein schönes Farbenspiel. Es sind an ein und demselben Stück oft sämtliche Farben des Spektrums vertreten, besonders ein wundervolles, seltenes Goldorange und Goldrot. Andere Stücke sind einheitlich violett, wie die in grosser Menge von Queensland in den Handel gebrachten weniger wertvollen Opale. Im durchfallenden Licht zeigen die ungarischen ein helleres bis fast verschwindendes Gelb im Gegensatz zu den stets wein- bis indisch-gelben australischen Edelopalen. Es dürfte verfehlt sein, die in der Durchsicht hellere Farbe der ungarischen Edelopale als ein charakteristisches Unterscheidungsmerkmal von den australischen anzunehmen; denn es wurden auch zahlreiche Stücke der ersteren bekannt, die sich äusserlich in nichts von australischen unterscheiden, die also auch vor allem die tiefe indisch-gelbe Farbe aufweisen.

18. Edelopal (Stahlblau)Vörösvagas-Ungarn.

n 1,443 H_2O 4,85.

Das Handstück besteht zum grössten Teil aus einem schönen stahlblauen, durchsichtigen aber etwas trüben Edelopal, auf dem etwas gelber Hydrophan aufsitzt.

b) und c). Hydrophane und Opale.

19/20 Hydrophan Vörösvagas - Ungarn.

19.weisse Schicht n 1,454 d 2,091 H_2O 7,89 %

20.braune Schicht d 2,099 H_2O 8,08 %.

Der Hydrophan besteht aus zwei Schichten, die langsam ineinander übergehen, einer weissen und einer fleischroten. Diese zerbröckelt leicht, jene ist wesentlich fester. Die kennzeichnende Eigenschaft an der Zunge zu kleben, zeigen beide Teile, ebenso die, bei der Wasseraufnahme durchsichtig zu werden. Die weisse Substanz behält nach 1/2stündigem Glühen vor dem Gebläse die Eigenschaft an der Zunge zu kleben, wenn auch nicht mehr in dem Masse, wie vorher. Geglüht wird das Material wie Glas durchsichtig. Doppelbrechung ist keine festzustellen.

21/22 Hydrophan und Milchopal Vörösvagas

21 Hydrophan H_2O 8,97 %

22 Milchopal H_2O 9,92 %.

Der Hydrophan, auf welchem der Opal aufsitzt, ist von dem vorhin beschriebenen gänzlich verschieden. Er ist von schwefel-

gelber Farbe, wenigstens äusserlich und von noch matterem Glanz als jener. Innen ist er ganz gleichmässig elfenbeinweiss. Beim Glühen wird er licht-fleischfarben. Seine wasseranziehende Eigenschaft verliert er auch beim Glühen im Elekroofen nicht ganz.

Auffällig ist die auch später bei anderen Opalen festgestellte Tatsache, dass die Bruchlinien, trotzdem es sich doch um zwei gänzlich verschiedene Körper handelt, ohne die geringsten Abweichungen von der normalen Form oder Splitterung von einem zum andern Körper verlaufen. Vielleicht lässt dieser Umstand den Schluss zu, dass die Textur der Opale und Hydrophane trotz ihrer mannigfachen Verschiedenheiten, eine sehr ähnliche ist.

23/24. Hydrophan und Milchopal Vörösvagas.

23 Hydrophan H_2O 7,45 %

24 Milchopal d 2,060 H_2O 6,21 %.

Auf einem grauen Gestein sitzt ein ganz gleichmässig gefärbter Hydrophan von bräunlich-fleischfarbenem Farbton. Er geht allmählich in eine glasige, etwas trübe, weissliche Opalmasse über.

25. Opal Vörösvagas - Ungarn.

d 2,069 H_2O 8,81 % n 1,395.

Der Opal wurde von Herrn Professor Z i m a n y i als Milchopal bezeichnet; in der mineral.Sammlung des bayer.Staates liegt ein gleiches Stück als Edelopal. Er ist eigentlich keines von beiden, wie die Beschreibung ergibt. Der Opal ist die reinste Substanz, welche ~~s~~ von den Hyaliten und Chalcedonen abgesehen - in dieser Arbeit zur Untersuchung gelangte. Er ist ganz durchsichtig mit einem ganz schwachen bläulichen, trüben Schimmer. Am ersten hat er Ähnlichkeit mit einem Mondstein.

26/27. Opal Cerro Pan de Azucar Departement Maldonado (Uruguay)

26. weisse Schicht d 2,258 H_2O 3,06 %

27. braune Schicht H_2O 1,46 %.

Das Vorkommen ist am S.W.Fusse des Cerro Pan de Azucar Dep.Maldonado (Uruguay), eine 1 m mächtige Decke von Opal, Chalcedon und Sinter auf Schotter. K. W i l l m a n n erwähnt das Auftreten des Opals, ohne weitere Untersuchungen anzustellen, in seiner Dissertation: Die Petrographie von Uruguay (München 1915).

Der Opal durchsetzt ein helles bräunliches Gestein gänzlich als Zement. Zwei Hohlräume sind volständig von ihm ausgefüllt, jedoch sind die beiden Opalmassen von einander völlig verschieden. Die eine ist stark durchscheinend von bläulichweisser Farbe, die andere ist wachsopalartig, schwach braun gefärbt und weniger durchscheinend. Der Bruch ist muschelig, von Glasglanz beim weissen, von Fettglanz beim braunen Opal.

28. Opal Valecas - Spanien.

H_2O 8,99 %.

Der opal ist eine weisse Masse, gegen die Bodenseite zu verwittert, in entgegengesetzter Richtung übergehend in ein Gemenge von Quarzkriställchen. Er zeigt schwach ockerfarbene Bänderung, matten Glanz und muscheligen Bruch. Vereinzelt sind Kriställchen von Silber- und Goldglanz - wohl Pyrit - eingestreut.

Von R a m m e l s b e r g (Hintze s.Lit.) wurde der Opal untersucht. Er fand 11,75 % H_2O und (!) 10 % Fe_2 (Al_2) O_3.

29. Opal Fundort?

d 2,050 H_2O 5,93 %.

Der Opal besteht aus einzelnen weissen Schichten, welche durch dünnste Bänder von honiggelber bis brauner Masse voneinander getrennt sind. Abgesehen von farblos durchsichtigem Opal, sind in der Gesteinsmasse noch zahlreiche wabenartige Zellen zu sehen, die Färbung und dem Aussehen nach wie verwitterte Knochen. Das Material zeigt Fettglanz. Der Bruch ist bei der ausgesprochenen Schichtung ganz unregelmässig splitternd und blättrig. Der Opal ist 1820 gesammelt.

30. Milchopal Vörösvagas - Ungarn.

AL_2O_3 (Fe_2O_3) 1,23 K_2O 0,15

d 2,061 - 2,081 H_2O 6,75 % SiO_2 91,46

n 1,144 CaO 0,25.

Der Milchopal ist von rein weisser Farbe mit hohem Glasglanz. Es liegen einige hundert Stückchen von verschiedener Grösse vor, welche zuweilen noch das schöne Farbenspiel der Edelopale haben. Zur Analyse und zu den weiteren Versuchen wurde möglichst einheitliches Material ausgewählt, und zwar nur solches ohne Farbenspiel.

Der Wassergehalt, der sonst für Milchopale angegeben wird, liegt in der Nähe des hier gefundenen.

31. Milchopal Island.

d 2,059 H_2O 4,27 %.

Das Handstück zeigt eine Reihe von Opalschichten von elfenbeinweisser Farbe, die in ziemlich regelmässigen Abständen durch dünne Chalcedon-Schichten voneinander geschieden sind. Die Schichten liegen einander vollkommen parallel.

32. Milchopal Island.

d 2,219 - 2,224 H_2O = 2,72 % n 1,463.

Die Farbe ist rein milchweiss, im durchscheinenden Licht schwach bräunlich. Der Schliff sieht ebenso aus, doch ist er durchzogen von stark brechenden Bändern. Bei schrittweisem Erhitzen zeigt sich keine Veränderung.

33. Opal Kosemitz b. Nimptsch (Schlesien).

d 2,075 - 2,093 H_2O = 6,12 %.

Der Opal ist durchsichtig, mit trüben, weissen Stellen, schwach bläulich im auffallenden, bräunlich im durchscheinenden Licht. Ähnlich wie bei der bekannten Moosjaspisen und Moosachaten, sind Gebilde von schwarzer Farbe, wahrscheinlich Braunstein, eingeschlossen, die die Gestalt von Moosen haben. Der erste Schliff zeigte keine Textur, während ein zweiter sehr schön eine solche aufwies. Doch wurde diese auch beim ersten sichtbar (s.Aufn.30), nachdem der Schliff 3 Stunden auf 170° erwärmt war. Die Eistruktur ist der der Hyalite täuschend ähnlich. Beim stärkeren Erhitzen sprangen vom Schliff anscheinend wahllos kleine runde Partikelchen ab.

34. Opal Fundort?.

H_2O 4,08.

Der Opal ist von rein weisser Farbe, undurchsichtig, und ist als Milchopal zu bezeichnen.

35. Opal Steinheim bei Hanau.

SiO_2 94,76 CaO 0,23

d 1,982 - 2,062 H_2O 4,21 K_2O (Na_2O) 0,12

Fe_2O_3 (Al_2O_3) 0,57.

Der Opal ist von matter elfenbeingelber Farbe mit muscheligem Bruch und mattglänzenden Bruchflächen. Er ist nicht durchsichtig und durchscheinend nur in allerdünnsten Schliffen. Unter dem Mikroskop zeigt sich, dass er nicht so homogen ist, wie es zuerst den Anschein hatte. Die weisse Opalschicht ist von allerfeinsten Äderchen farblosen Opals durchzogen. R e i s & S p e n g e l unetrsuchten (s.Lit.) einen Opal von Steinheim mit 4,86 % H_2O.

36. Opal Monte Amiata (S.Fiora) Toskana.

H_2O 2,32 %.

Der Opal ist ein farbloses, etwas weisslich getrübtes, korallenartiges Gebilde. Er besteht aus flach gedrückten Röhren, die auf der Aussenseite wie die Hyalite Wülste zeigen.

37. Kiselsinter Santa Fiora-Toskana.

H_2O 3,55.

Der Mineral ist körnig, leicht zu pulverisieren und ist von einer etwa 1 mm dicken Schicht elfenbeinfarbenen Opals überzogen. Das Vorkommen ist schon lange bekannt und wurde 1791 von Thomson beschrieben. D a m o u r gab den Wassergehalt für weissen, durchsichtigen, glänzenden «Fiorit" mit 2,90 %, für den mattglänzenden mit 3,10 % an. (Doelter s.Lit.).

38. Opal Hlinik-Ungarn.

H_2O 6,32 %.

Der Opal ist von graublauer Farbe, sehr zerklüftet mit kleinen Kriställchen von Kupferkies. Ab und zu ist er durchzogen von allerdünnsten Schichten wasserklaren Opals von Glasglanz, während die Hauptmasse keinen Glanz aufweist. In den Hohlräumen wie an den Oberflächen sitzen feine niedrige Gebilde von Chalcedon oder Quarz.

d. Halbopale.

39. Feueropal Zimapan (Mexiko).

d 2,017 - 2,023 H_2O = 8,85 % Fe_2O_3 0,97 %.

SiO_2= 89,97.

Der opal ist von gleichmässiger gelblich-bräunlicher Färbung, er ist etwas trüb, aber durchsichtig, hat das Aussehen des Schreinerleims und besitzt muscheligen Bruch. Die Härte ist gering. Die Bruchstellen zeigen starken Fettglanz.

40. Feueropal Durango-Mexiko.

d 2,010 - 2,013 H_2O 6,94 %.

Der Opal hat die Farbe des Eisenoxyds und sieht aus wie der gewöhnliche Siegellack. Der Bruch ist muschelig, die Bruchflächen zeigen starken Glasglanz.

41. Halbopal Falkenau-Böhmen.

H_2O 7,80 %.

Der opal ist durch eine ausgesprochen schalige Struktur ausgezeichnet, die noch besonders dadurch auffällig gemacht wird, dass die einzelnen Schalen verschiedene Farbtöne aufweisen, in der Hauptsache graulich-Weiss-goldocker und umbra. Der Bruch ist selbstverständlich schalig. Die äusserste Schale ist etwas verwittert, hellgrau und leicht zu zerreiben.

42. Opal-Menilit Falkenau-Böhmen.

H_2O 6,04 %.

Der Opal ist undurchsichtig und von grau-brauner Farbe. Dem Aufbau nach besteht er aus einzelnen Schichten, die bald heller, bald dunkler sind und einander paraellel laufen. Einige Zonen haben geringeren, andere stärkeren Fettglanz.

43. Halbopal Haslau - Böhmen.

H_2O 7,89 %.

Der Opal ist undurchsichtig von dunkler graubrauner Farbe und zeigt hellere und dunklere Streifung. Der Bruch ist muschelig und scharfkantig, die Bruchstellen zeigen starken Glanz.

44. Halbopal Königswinter.

d 2,093 - 2,112 H_2O 7,65 %.

Der Opal ist an sich farblos, er scheint aber dadurch ganz gleichmässig ockerbraun, dass sehr zahlreiche ockerfarbene Lamellen ihn durchsetzen. Senkrecht zu diesen Lamellen verlaufen einige zartweisse Bänder von Opal. Der Bruch ist muschelig, scharfkantig und von hohem Glanz.

45. Halbopal Schaiba (Zohler Com.) Ungran.

H_2O 9,95 %.

Der Opal ist undurchsichtig, weiss mit einem Stich ins bläuliche. Zahlreiche Sprünge sind durchsetzt von einer hell ockergelben Substanz, die auch in Form von zarten Bändern den Opal durchzieht. Auf den dünnen ockergelben Schichten treten vereinzelt asphaltbraune dendritische Gebilde auf. Der Bruch ist muschelig, scharfkantig, matt.

46/47. Halbopal Steinheim bai Hanau.

46 Opal, braun d 2,086 H_2O 6,22 %

47 " verwittert d 2,038 H_2O 9,60 %.

Der Opal ist von dunkelgraubrauner Farbe und ganz unregelmässigem Bruch, die Bruchstellen haben einen matten Glanz. Er ist leicht

zu pulverisieren. Auf einer Seite ist er stark verwittert, das Produkt ist hellbräunlich-weiss. Die Übergangsstelle vom Opal zum Verwitterungsprodukt ist durch eine ockerbraune dünne Linie gekennzeichnet. An mehreren Stellen unterhalb der Verwitterungsschicht scheint sich das Eisenoxyd in kleinen Körnern abgesondert zu haben.

48. Halbopal Pfarrwald bei Climbach.

d 2,048 - 2,111 H_2O 7,67 %.

Die Hauptmasse des Opals ist von oliv-grüner Farbe, ab und zu mit etwas helleren Stellen als dem allgemeinen Farbton. An einer Seite des Minerals sitzt ein elfenbeingelber Opal auf.

49. Halbopal Allendorf in der Rabenau (Hessen).

d 2,512 - 2,559 H_2O 3,49 %.

Der Opal besteht äusserlich aus zwei Schichten, von einer schwachen, noch nicht 1 mm dicken Schicht verwitterter Substanz abgesehen. Die eine ist ockerbraun, die andere olivgrün. Beim Zertrümmern des Minerals zeigt sich, dass die braune Schicht lediglich durch eine oberflächliche Oxydation verursacht ist.

50. Opal Schemnitz - Ungarn.

Auf einem farblosen Chalcedon, welcher sich aus mehreren parallel gelagerten Schichten zusammensetzt, sitzt der Opal in Gestalt von etwa 1 cm langen Röhren, die mit der Basis des Chalcedons einen Winkel von ungefähr 35 % einschliessen. Auch die Röhren sind farblos, doch ist ihre Höhlung von einer weissen Substanz, Opal oder Chalcedon erfüllt. Die einzelnen Röhren sind einander parallel geordnet.

51. Chloropal Haar bei Passau.

d 2,169 H_2O = 8,97 %.

Die Farbe des Opals ist ein sattes Zeisiggrün. Eine glasurdünne Schicht von farblosem Opal verursacht an manchen Stellen Glasglanz, während die rauhen Bruchstellen matt sind.

52. Prasopal Frankenstein - Schlesien.

d 2,041 - 2,053 H_2O 5,24 %.

Der Opal ist von apfelgrüner Farbe. Der Bruch ist parallel zur Bodenfläche plattig, senkrecht dazu muschelig; letztere Bruchflächen haben höheren Glanz als die ersteren. Die Bodenfläche ist verwittert, hat schmutzig-weisse Farbe und ist mit dem Nagel leicht zu ritzen.

53. Wachsopal Telkibanya- Com.Abany.

d 2,116 - 2,122 H_2O 6,98 %,

Der Opal ist von der Farbe des lichten Ockers und undurchsichtig mit Flecken, die in der Tönung zwischen Ocker und Olivgrün liegen. Der Bruch ist scharfkantig, glasglänzend und muschelig.

54. Menilit Ville juiffe bei Paris.

d 2,119 H_2O 8,64 %.

Der vorliegende Menilit ist von lichter graubrauner Farbe und

und der typischen Nierengestalt der Menilite. D a m o u r gab den Wassergehalt des Menilits von Villejuiffe zu 16,40 % an. (Doelter p.243, s.Lit.).

55. Halbopal bei Frankfurt a,M,

grüne Schicht: H_2O = 1,80 %.

Der Opal besteht aus zwei Schichten, welche nicht scharf von einander getrennt sind, zum grössten Teil aus einer ziemlich gleichheitlichen olivgrünen, schwach glänzenden, und einer bräunlich-weissen, mit dem Nagel nicht ritzbaren Verwitterungsschicht; aussen ist der Opal braun. Der Opal ist von mehreren schwachen hellen Bändern durchzogen.

56. Halbopal bei Passau.

H_2O 4,84 %.

Der Opal ist asphaltbrauner Farbe und ist durchsetzt von zahlreichen, z.T. sehr breiten, ockerfarbenen Bändern und weiterhin von 2 aufeinander senkrecht stehenden weissen Opalschichten. Der Bruch ist wie der Aufbau sehr unregelmässig.

57. Halbopal Fundort?

aussen: d 2,128 - 2,187 H_2O 2,79 %

innen: d 2,176 H_2O 2,57 %.

Die äussere Opalschicht ist von trüber brauner Farbe, etwas durchscheinend wie Horn; sie hat muscheligen Bruch und zeigt Fettglanz. In der braunen Masse sind zahlreiche farblose und trübe, gelbliche Flecken. Die innere Schicht, etwa 1 cm von der Oberfläche entfernt, ist gleichmässig fleischfarben und undurchsichtig trüb. Der Opal ist vor 1820 gesammelt.

58. Halbopal Fundort?

H_2O 6,93 %.

Der Opal ist schwarzbraun wie Steinkohle, hat starken Glanz. Er ist durchzogen von zahlreichen braunen, ganz zarten Äderchen. Er ist vor 1820 gesammelt. Beim Glühen wird er weiss wie Perlmutter.

59. Halbopal Fundort?

H_2O 6,29 &.

Der Bruch des Opals ist muschelig und scharfkantig und lebheft glänzend. Die Farbe ist ein stumpfes Umbra bis Dunkeloliv.

60. Opal Fundort?

d 2,259 - 2,273 H_2O 8,05 %.

Der Opal ist nicht ganz einheitlich, wenigstens, was die Farbe anbetrifft. Manche Teile sind mehr grau, andere mehr grün. Die letzteren sind stark durchscheinend. Die grünen Teile sind von Glas, die anderen von Fettglanz.

61. Waschopal a) Steinheim bei Hanau.

Fe_2O_3 (Al_2O_3) 1,53 % SiO_2 94,73

d 2,090 - 2,097 H_2O 3,54 % Mg 0,09

CaO 0,43% K_2O Spuren.

Der Opal ist eine ziemlich reine durchscheinende, bleichwachsgelbe Substanz von ausgezeichnet scharfkantigem, muscheligem Bruch und Fettglanz.

62. Waschopal b) Steinheim bei Hanau.

d 2,054 - 2,079 H_2O 4,98 %.

Der Opal ist etwas trüber als der vorige von grau-grünem Farbton. Die Farbe wird durch Eisenhydroxydgel verursacht, das aber nicht so fein verteilt ist, wie beim vorigen Opal, sondern in winzigen Klümpchen, dem Auge gerade noch sichtbar die Opalmasse durchsetzt.

63. Opal Ungarn.

H_2O 3,65 %.

Der Opal wurde erst in jüngster Zeit gefunden. Er bildet eine elfenbeinweisse, reichlich von ockerbraunen Adern durchzogene Masse von teilweise schaligem Aufbau. Er ist undurchsichtig und von mattem Glanz.

64. Halbopal Ungarn.

H_2O 9,69 %.

Er hat das eigentümliche gesprenkelte Grau des Melaphirs und ist an der Oberfläche braun gefärbt. Er ist undurchsichtig.

65. Opal Queensland.

H_2O 7,46 %.

Auf einem ockergelben Sandstein sitzt die fleischbraune, von einzelnen Schichten grünen, blau-grünen und violetten Edelopals durchwachsene Opalmasse auf. Sie ist in dünneren Lagen durchscheinend und glasglänzend.

66. Jaspopal Telkebanya - Ungarn.

H_2O 7,77 %.

Der Opal zeigt eine feine, ockerfarbene Pigmentierung auf Umbragrund und ausserdem einige dünne Adern in Casselerbraun. Der Bruch fettglänzend.

67/68. Jasopal mit Opal Rheinpfalz.

67 Jasopal H_2O 6,11 %

68 Opal d 1,780 - 2,000 H_2O 11,80 %.

Der vorliegende Jasopal ist keine einheitliches Mineral. In der rotbraunen Hauptmasse sind scharfkantige Bruchstücke eines Gesteins (Sandstein) eingeschlossen. Ausserdem ist das Handstück

zur Hälfte reichlich durchsetzt von einer schön elfenbeinfarbenen Opalmasse von hohem Glasglanz, die wohl genetisch das jüngste der hier untersuchten Minerale darstellt.

69. Jasopal Steina bei Waldheim-Sachsen.

H_2O 6,83 %.

Dieser Jasopal kam in meine Sammlung als Jaspis, doch wird er durch seinen Wassergehalt aus dieser Klasse ausgeschieden. Er ist von leuchtend ziegelroter Farbe, hat muscheligen Bruch und matten Glanz auf den frischen Bruchflächen. Kleine Nester von Eisenhydroxyd sind eingeschlossen.

70. Holzopal a) Libethen-Ungarn.

H_2O 7,73 %.

Der Opal splittert leicht (gemäss seiner Faserstruktur), ist rotbraun und durchscheinend mit Schellack. Er zeigt einige Stellen beginnender Verwitterung. Seine Flächen haben hohen Glanz. Die Substanz ist von trüben Wolken vielfach durchzogen.

71. Holzopal b) Libethen - Ungarn.

H_2O 6,61 %.

Der Opal setzt sich zusammen aus lauter feinen, je etwa 1 mm dicken, farblosen, elfenbeinweissen, hellgrau- und rötlichbraunen Schichten. Die oberste Lage ist von olivgrüner Farbe.

72. Holzopal Sayba Com.Gonnor - Ungarn.

H_2O 8,82 %.

Während nicht alle Opale, welche unter dem Namen Holzopal laufen, tatsächlich verkieseltes Holz sein dürften, hat man es hier allem Anschein nach mit einem echten Holzopal zu tun. Er ist eine transparente, hochglänzende, den Feueropalen von Mexiko ähnliche, goldbraune Substanz, welche von zahlreichen, ockerbraunen, einander parallelen Fäserchen durchwachsen ist. Gegen den Kern zu, fehlt die goldbraune Masse, gegen die Rinde ist der Opal verwittert. Die letzteren Teile lassen die Faserstruktur leicht erkennen; sie sind von der Farbe des lichten Ockers und lassen sich mit dem Nagel leicht ritzen.

73. Holzopal Seilersdorf b. Libethen-Ungarn.

d 2,078 - 2,085 H_2O 5,69 %.

Der Opal hat grosse Ähnlichkeit mit dem eben beschriebenen Holzopal. Er ist von der Farbe der gebrannten Siena und im Tone etwas dunkler als jener. Er hat muscheligen, scharfkantigen Bruch und Glasglanz. Dem Aussehen nach ist er ziemlich homogen, in dünneren Schichten durchscheinend, an einigen Stellen von einer trübbraunen, faserartigen Substanz durchzogen.

74. Holzopal Baumholderloch b.Nordpfalz.

H_2O 2, 14.

Der Opal ist schwarzbraun mit ockerfarbener Rinde. Schon rein äusserlich ist festzustellen, dass man es mit verkieseltem Holz zu tun hat. Der Bruch ist plattig, die Bruchstellen sind ohne Glanz.

75. Holzopal Arizona.

Rinde H_2O 6,57 %

Inneres H_2O 5,80 %.

Der Holzopal lässt den Bau, die Faserung des ehemaligen Holzes sehr gut erkennen. Er besteht aus 2 Schichten, einer verwitterten Rinde von weiss-grauer Farbe und asbestartiger Faserung, welche sehr leicht abblättert, und der hell-umbrafarbenen, harten und glänzenden Hauptsubstanz. Der Bruch ist splitternd und muschelig.

III. Die Chalcedonklasse.

76 Chalcedon a Brasilien 76. d 2,604 H_2O 1,114 %

77 " b " 77. d 2,597 - 2,603 H_2O 0,96 %

78 " c " 78. H_2O 0,95 %.

Die drei hier behandelten Chalcedone dürften wohl vom gleichen Fundort stammen und unterscheiden sich nach den Angaben von Herrn B a p p p - Oberstein lediglich durch ihr Verhalten gegenüber färbenden Lösungen. Chalcedon 76 nimmt keine Farbstoffe an. Er scheint, rein äusserlich betrachtet, von gröberer Textur zu sein als die beiden andern. Gegen das Licht gehalten erscheint er trüb graubraun. Er zeigt parallel angeordnet durchsichtige Bänder, die stets paarweise auftreten. Im auffallenden Licht ist er graublau.

Chalcedon 77 nimmt Farbe leicht auf. Er hat die gleichen Farben wie Chalcedon 76, nur einen Ton heller.

Chalcedon 78 steht dem Aussehen und den äusseren Eigenschaften nach zwischen den beiden eben beschriebenen.

79. Chalcedon Auvergne-Frankreich.

Das Handstück, ein Gesteinsbrocken, der ziemlich stark mit Erdpech überzogen ist, zeigt eine grosse Anzahl von tropfenförmigen Chalcedonen. Diese sitzen zuweilen als Zwillinge oder Drillinge aneinander. Grössere „Tropfen" haben vielfach eine nierige Menilitform. Im Innern sind sie wasserklar, doch aussen befindet sich eine perlmutterartige, trübe Schicht.

80. Chalcedon Houls-England.

H_2O 2,01 %.

Er ist von nieriger Form und wurde aus einem Mandelstein ausgesprengt. Er ist durchscheinend, schwach gelblich und trüb.

81. Chalcedon Föröer.

H_2O 1,41 %.

Das Handstück besteht aus zwei Teilen, einer planparallelen 1 cm dicken Platte, welche eine ganz schwache gleichmässige Schichtung zeigt und auf der säulenartig mit nierigem Habitus der andere Chalcedon aufsitzt. Sonst sind beide Substanzen völlig gleichheitlich, farblos, durchscheinend und etwas trüb.

82. Chalcedon Island.

d 2,601 - 2,604 H_2O 0,99 %.

Die Substanz ist farblos, durchscheinend. Der Chalcedon entstammt

der Heidelberger Universitäts-Sammlung, wo er unter dem Namen Kascholong geführt wird.

83. Chalcedon Alenten.

d 2,592 H_2O 1,25 %

Der Chalcedon ist walzenförmig, von der Stärke und dem Aussehen einer Stearinkerze. Er ist durchscheinend, hat muscheligen Bruch und Fettglanz.

84. Tigerauge Kap (Afrika).

H_2O 0,54 %.

85. Heliotrop Vorderindien.

H_2O 1,31 %.

86. Moosjaspis Indien.

H_2O 1,14 %

87. Karneol Landstuhl/Pfalz.

d 2,603 H_2O 0,62 %.

Der Karneol liegt zwischen dem mittleren und dem oberen Buntsandstein meiner Heimat. Er findet sich an den Berghängen in grossen und kleinen Brocken. Im Bruch tritt er etwa 30 cm unter der Rasenfläche häufig auf.

88. Kieselholz Arizona (USA).

H_2O 0,60 %.

Die Maserung des Holzes ist sehr schön zu erkennen. Die Farbe ist ein unbestimmter graublau-olivgrüner Ton, von dem sich die Fasern mit ihrem leuchtenden Englischrot bis Braunviolett scharf abheben.

Versuche durch Entwässerung.

Um festzustellen, ob sich bei den Entwässerungskurven Knicke zeigten, was einen Schluss auf eine chemischeBindung des Wassers zuliesse, wurden 11 Mineralien feingepulvert und im Elektroofen fortschreitend je 3 Stunden um ca.100° bis auf 1000° erhitzt und nach dem Erkalten gewogen.

Die Kurven unter I zeigen, dass die Entwässerung im Grossen und Ganzen stetig erfolgt. Knicke sind durch die Hygroskopizität der Substanz bedingt. Manche Substanzen, bei mittleren Temeraturen entwässert, wurden stark hygroskopisch, verloren aber diese Eigenschaft fast völlig nach dem Erhitzen auf 1000°.

Weitere Versuche.

Versuch 12. Edelopal 10 - Australien (H_2O 6,88 %) wurde 4^h über dem Teclubrenner und 15 Minuten über dem Gebläse geglüht. Dann wurde er 90^h ununterbrochen auf dem Wasserbad behandelt, indem das feine Pulver in Wasser aufgeschlemmt war.
825,3 mg geglühtes Pulver nahm auf 10,3 mg.H_2O = 1,25 %.

Das lange geglühte Pulver opalisierte beim Benetzen mit Wasser sofort wieder.

Versuch 13. Der gleiche Edelopal 10 - Australien wurde $1/2^h$ von

dem Gebläse geglüht. Auch er wurde mit Wasser auf dem Wasserbad 130^{h} behandelt. 586,6 mg. geglühtes Pulver nahm 2,8 mg = 0,48 % Wasser auf.

Versuch 14. Hyalit 4 - Obererlenbach wurde gepulvert und geglüht und 45 Tage in Wasser stehen gelassen. 689,5 mg geglühtes Pulver nahm 1,0 mg = 0,15 % Wasser auf. Die hydratisierte Substanz wurde lufttrocken gewogen.

Versuch 15. Hyalit 6 - Rüdigheim wurde geglüht und 45 Tage in Wasser aufgeschlemmt. 882,4 mg geglühtes Pulver nahm hydratisiert und lufttrocken gewogen 1,5 mg = 0,17 % Wasser auf.

Versuch 16. Opal 33 - Kosemitz (6,12 % H_2O) wurde geglüht, in Wasser 70 Tage aufgeschlemmt und lufttrocken gewogen. 555,6 mg geglühtes Pulver nahm 1,1 mg = 0,20 % Wasser auf.

Versuch 17. Ein Versuch mit Edelopal 15 - Australien ergab, dass das nicht geglühte, auf dem Wasserbad 50 Stunden mit Wasser behandelte Pulver geringere Werte für seinen Wassergehalt zeigte, als ihm normal zugekommen wäre, und zwar 6,41 % anstatt mindestens 6,66 %. Der Opal verhält sich also gesättigt.

Versuch 18. Hyalit 2 - Waltsch wurde ungeglüht als Pulver 70 Tage im Wasser aufgeschlemmt. Er hydratisiert 2,2258.0 mg / geglüht 2,174,2 mg.
Verlust 83,8 mg = 3,85 %/. Ursprünglicher Wassergehalt 3,50 %, also Wasseraufnahme 0,35 %.

Versuch 19 - 23. Opal 35 - Steinheim.

Folgender interessanter und ergebnisreicher Versuch wurde mit einem der reinsten der vorliegenden Opale gemacht. Die feine und gleichmässig pulverisierte Substanz wurde in 5 getrennten Portionen in folgender Weise untersucht:

a). Eine unbestimmte Menge des Opals wurde 140^{h} ununterbrochen auf dem Wasserbad mit Wasser behandelt, dann im Platintiegel an der Luft im Laboratorium bis zur Konstanz trocken gelassen und hierauf durch Glühen im Elektroofen der Verlust bestimmt. Der Opal hatte 0,04 % Wasser aufgenommen.

b). 999,5 mg Substanz wurden 3 Stunden lang auf 110^{0} erhitzt. Der Verlust betrug 18,4 mg = 1,84 %.

c). 999,4 mg Substanz wurden 3^{h} lang auf 300^{0} erhitzt. Der Verlust betrug 32,2 mg = 3,22 %.

d). 999,8 mg Opal wurden 3^{h} lang auf 500^{0} erhitzt. Der Verlust betrug 34,2 mg = 3,42 %.

e). 1000,0 mg Opal wurden 3^{h} lang auf 800^{0} erhitzt. Der Verlust betrug 38,3 mg = 3,83 %.

Nachdem der Wasserverlust des Opals bei den angegebenen Temperaturen bestimmt war, sollte nun festgestellt werden, wieviel Wasser beim Hydratisieren von neuem gebunden werden kann. Um die Versuche gleichheitlich zu gestalten, wurden die Porzellantiegel mit der entwässerten Substanz bis nahe zum Rand mit Wasser gefüllt und an die Luft gestellt. Vor Staub schützte ein Bogen Filtrierpapier. Im Laboratorium herrschte meist eine Temeratur von 20^{0}. Als das überstehende Wasser verdunstet war, wurden die Tiegel von 2 zu 2 Tagen gewogen.

Nach Erreichen einer gewissen Gewichtskonstanz wurden die Substanzen, mit Ausnahme von a) von neuem schrittweise entwässert, bis zu der Temperatur, auf welche sie vordem erhitzt war, um festzustellen, wie fest das neu aufgenommene Wasser im Opal gebunden ist. Die Dauer der Erhitzung betrug wiederum 3 Stunden.

ad b). Bei 110°	entwässert und hydratisiert	986,5 mg.			
erhitzt, 105°	980,3 mg	Verl.	6,2	Restwasser	22,9
155°	970,1 "		10,2		12,7
300°±5°	967,2 "		2,9		9,8
ad c). Bei 300°	entwässert und hydratisiert	974,5 mg.			
105°	969,2	Verl.	5,3	Restwasser	11,9
155°	968,1		1,1		10,8
300°±5°	const.		0,0		---
ad d). Bei 500°	entwässert und hydratisiert	973,6 mg.			
105°	968,6	Verl.	5,0	Restwasser	10,9
155°	967,1		1,5		9,4
300°	966,8		0,3		9,1
500°	965,1		1,7		7,4
ad e). Bei 800°	entwässert und hydratisiert	969,4 mg.			
105°	966,0	Verl	3,4	Restwasser	8,1
155°	964,5		1,5		6,6
305°	963,7		0,8		5,8
850°	961,3		2,4		3,4

Die Wasseraufnahme bei diesen Versuchen beträgt:

b)	5,4 mg	= 0,54 %
c)	7,3	= 0,73 %
d)	8,0	= 0,80 %
e)	7,7	= 0,77 %.

Feststellungen und Ergebnisse:

Wie die beiliegenden Kurven der erhitzten, hydratisierten und nun lufttrocken werdenden Substanzen zeigen, besteht in ihrem Verlauf eine auffällige und weitgehende Ähnlichkeit, um nicht zu sagen, Übereinstimmung.

Der Verlust des nicht fester gebundenen, den Opal also nur befeuchtenden"Wassers, macht sich in einem steilen Abfall der Kurven bemerkbar. Dann aber flachen die Kurven relativ stark ab. Es zeigt sich, dass das Wasser, welches nun verdunstet, in einen engeren Konnex zur Substanz steht, und sei es auch nur durch eine rein oberflächenhafte resorptive Bindung. Auffällig ist, dass die Werte für dieses, sagen wir also resorptiv gebundene Wasser, einander sehr ähnlich sind, trotzdem die Substanzen vorher bei ganz verschiedenen Temperaturen behandelt wurden. Die Werte sind der Reihe nach:

2,8 / 1,5 / 3,3 / 2,6 / 3,1 / mg.;

auffällig ist weiterhin, dass die genannten Kurven in einer gewissen Abhängigkeit vom Wetter zu verlaufen scheinen, ja, dass man sie fast als eine Funktion des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft bezeichnen kann.

Vom 17.Februar mittags bis zum 18. hatten wir in München Fönlage. Das Hygrometer am Haupttelegrafenamt registrierte am 17.vormittags 84, nachmittags 54, fiel dann langsam um vom 18.nachmiattags bis zum 19.vormittags bei ungefähr 77 konstant zu bleiben. Weiterhin vom 27.Februar bis zum 1.März hatten wir dauernd leichten Regen. Die Luftfeuchtigkeit war also während dieser Zeit sehr hoch. Betrachten wir nun die Kurven.

Während der Fönlage sank das Gewicht bei den 5 Versuchen um 1,9 / 1,1 / 2,0 / 1,2 / 1,8 /. Während des Regenwetters vom 27.Februar bis zum 1.März stieg das Gewicht um 0,9 / 1,2 / 1,3 / 1,3 / 1,4 /. Der Wasserverlust vom 24.bis 26.Februar beträgt 0,5 / 0,7 / 0,7 / 0,8 / 0,5 /.

Diese Datenreihen genügen, um die Abhängigkeit des Wassergehaltes vom Wetter und die grosse Ähnlichkeit im Verlauf der Kurven erkennen zu lassen. Nun zu den weiteren Ergebnissen:

b). ursprüngliche Ew.	999,5	c) ursprüngliche Ew.	999,4
erhitzt auf 110°	981,1	erhitzt auf 300°	967,2
hydratisiert	986,5	hydratisiert	974,5
nochm.erhitzt auf 105°	980,3	nochm.erhitzt 305°	969,2
d). ursprüngliche Ew.	999,8	e) ursprüngliche Ew.	1000,0
erhitzt auf 500°	965,6	erhitzt auf 800°	961,7
hydratisiert	973,6	hydratisiert	969,4
nochm.erhitzt auf 500°	965,1	nochm.erhitzt 850°	961,3.

Wichtig ist nun festzustellen, wie gross die Differenz zwischen der ursprünglichen Einwage und dem Gewicht der hydratisierten Substanz ist. Die Werte sind 13,0 / 24,9 / 26,2/ 30,6 /. Es ergibt sich also, dass diese Differenz täglich wächst, bei je höherer Temperatur der Opal zuvor entwässert wurde. Weiterhin ergibst sich aus den vor angegebenen Daten die Wasseraufnahme betreffend: die Fähigkeit des Opals nach dem Erhitzen Wasser zu binden ist um so grösser, je höher der Opal zuvor erhitzt wurde, dies aber nur bis zu einem gewissen Maximum, welches für den vorliegenden Versuch bei ungefähr 500° liegt. Dann nimmt diese Fähigkeit zuerst langsam ab (bis etwa 800°), um dann für längere Zeit hochgeglühte Körper fast zu verschwinden. Wir haben also 2 Minima in der Fähigkeit "kolloidaler" Kieselsäurekörper Wasser zu binden, eins für nicht erhitzte und eins für hoch erhitzte.

Dass Nichterhitzte und hocherhitzte Opale so wenig Wasser aufnehmen, hat seinen Grund darin, dass dort meistens der Sättigungsgrad (s.unten) erreicht ist und hier überhaupt kein Opal mehr, sondern eine andere Modifikation der Kieselsäure vorliegt.

Wissenswert ist auch das Verhältnis des beim Hydratisieren aufgenommenen Wassers zu dem beim Entwässern verlorenen. In Prozenten ausgedrückt sind es 29,4/ 22,6/ 23,4/ 20,1/%. Am meisten von seinem abgegebenen Wasser nahm also der bei 110°, am wenigsten der bei 800° erhitzte Opal auf.

Nun ist noch festzustellen, ob das beim Hydratisieren aufgenommene Wasser mehr oder weniger fest gebunden ist. Zu diesem Zweck wurden die Substanzen von neuem je 3h erhitzt (wie vorn angegeben).

Um festzustellen, dass bei diesen verschiedenen Versuchen und dem oftmaligen Wägen keine Substanz verloren gegangen war, wurden nach Beendigung der beschriebenen Untersuchungen durch Glühen vor dem Gebläs nochmals die Tiegelinhalte kontrolliert.

Von dem aufgenommenen Wasser ging verloren bei t° (in der Klammer der Wert des aufgenommenen Wassers).

ad b)

105°	6,2	(5,4)

ad c)

105°	5,3	(7,3)
155°	6,4	
305°	const.	

ad d)

105°	5,0	(8,0)
155°	6,5	
305°	6,8	
500°	8,5	

ad e)

105°	3,4	(7,7)
155°	4,9	
305°	5,7	
850°	8,1.	

Die obigen Daten lassen folgende Schlüsse zu:
1). Das neuaufgenommene Wasser eines nach dem Erhitzen auf t° hydratisierten Opals kann nie fester gebunden sein, als das bei t° abgegebene Wasser.
2). Bei je höherer Temperatur die Kieselsäure zuvor entwässert wurde, um so fester wird das neu aufgenommene Wasser gebunden.
3). Der Gehalt an aufgenommenen Wasser ist bei allen Versuchen annähernd gleich, sofern der Opal vor dem Hydratisieren mindestens bis zur Siedetemperatur des Wassers erhitzt war. Ähnliche Versuche wurden von H. Rose angestellt.(Anm.Phys. 108/1, 1859)

Versuch 24.

Von Hydrophan 19 - Vörösvagas wurden 1000 mg geglüht: Verlust 81,1 mg. Hydratisiert:Zunahme 12,5 mg.

Versuch 25.

Von Feueropal 39 - Zimapan wurden 1000,0 mg geglüht. Verlust 87,9 mg. Hydratisiert: Zunahme 2,8 mg.
Erneute Entwässerung bei 115° 930,0 Verlust 1,9
" 330° 912,4 " 0,6
Restwasser 0,3.

Versuch 26.

Von Edelopal 15 - Australien wurden 1653,2 mg geglüht. Gew.1547,2, Verlust 106,0. Hydratisiert 1548,7. Zunahme 1,5.
Erneute Entwässerung bei 115° Gew.1547,9. Verlust 0,8
" 330° " 1547,7 " 0,2
Restwasser 0,5

Versuch 27.

Von Hyalit 2 - Waltsch wurden 2258,0 geglüht. Gew.2174,2. Verlust 83,8. Hydratisiert 2178,5. Zunahme 4,3.
Erneute Entwässerung bei 115° Verlust 2,2
" 330° " 1,7, Restwasser 0,4.

Versuch 29.

Mehrere Versuche wurden in der Weise angestellt,dass eine grössere Substanzmenge verschiedener Opale, feingepulvert, unter Wasser aufbewahrt wurde. Nach 80 Tagen wurde das Pulver in abgewogene Tiegel gefüllt und in einem offenen, durch Filtrierpapier vor Staub geschützten Behälter, lufttrocken werden gelassen und dann gewogen. Es ergab sich:

Reine Opale und Hyalite mit niederem Wassergehalt verhalten sich gesättigt. Sie nehmen nur geringe Mengen Wasser oder gar keins auf.(Hyalite Waltsch und Rüdigheim, Opal Vörösvagas 30) Unreine Opale nahmen grössere Mengen Wasser auf; doch dürften hier die Verunreinigungen Tonerde, Eisenoxyd und Kalk usw. z.T. Träger des aufgenommenen Wassers sein.

Versuch 30.

Opal 25 - Vörösvagas und Hyalit 2 - Waltsch wurden 302 Stunden bezw. 78 Stunden bei 480° + 10° im Elektroofen erhitzt. Beidemal zeigt sich, dass das Wasser Opalen und Hyaliten nur schwer zu entziehen ist. Die letzten Reste werden hartnäckig zurückgehalten. Beide Körper wurden nach geringem Wasserverlust hygroskopisch.

Versuch 31 u.32.

Der reine Opal 35 - Steinheim und der Hyalit 2 - Waltsch wurden im Autoklaven unter Druck hydratisiert. Beide Körper nehmen Wasser auf:

Opal 35: 1 Stunde b.12 Atm.
Ew. 1000,0 Hydratisiert 1007,8, Zunahme 7,8.
Hyalit 2: 20 Minunten b.9 Atm.
Ew.999,8. Hydratisiert 1000,3. Zunahme 0,5.

Optische Untersuchungen.

Schliffe des Hyalits 1 - Kulmain zeigten unter dem Mikroskop im gewöhnlichen Licht meist nur bei sehr weit geschlossener Blende schwache Andeutungen einer Ringstruktur. Wurde aber ein Schliff erhitzt, so kamen immer mehr Ringbildungen zum Vorschein, die zonenförmig ein ovales Zentrum umschlossen. Es wurden bis zu 25 und mehr gezählt. Aufnahme 19 zeigt in besonders schönem Masse die typische Ringtextur.

Der Hyalit zeigt energische Doppelbrechung. Es bleibt dahingestellt, ob es sich um Spannungsdoppelbrechung oder den Beginn einer Kristallisation handelt.

Um die beim Erhitzen auftretenden Veränderungen festhalten zu können, wurden die Schliffe fotografiert.

Der erste Schliff war parallel zur Basis geschnitten. Es waren bei ihm kaum ringartige Gebilde festzustellen, wenn die Blende offen war. Die Aufnahme 1 wurde mit Blende 6 (1-10) gemacht, doch sind auch hier die Ringe noch schwach. Die entsprechende Aufnahme bei + N zeigt ein ungefähr rechtwinkliges Dreieck mit einem wagrechten liegenden Kreuz (Aufn.2). Irgendwelche besondere Details sind nicht zu erkennen. Nach dem Erhitzen auf 100° treten zahlreiche Ringe deutlich plastisch auf (Aufn.3). Bei + N (Aufn.4) sind sie jetzt auch schon schwach zu erkennen, so bei dem genannten Kreuz. Bei 200° (Aufn.5) sind die Ringe noch zahlreicher und plastischer geworden. Auch bei + N sind sie nun deutlich ausgeprägt.(Aufn.6). Der Kreis, welcher das Kreuz im Dreieck umschreibt, ist heller als seine Umgebung. Die Kreuzbalken sind nicht mehr so verwaschen, wie bei den vorhergehenden Aufnahmen. Nach dem Erhitzen auf 360° treten zahlreiche kleine Sprünge im Schliff auf, die den Überblick sehr erschweren (Aufn.7). Bei + N sind die Ringe jetzt sehr zahlreich und stark ausgeprägt, erscheinen aber infolge ihrer grossen Zahl etwas verwaschen (Aufn.8). Die 3 kurzen Balken des Dreieckkreuzes heben sich auf weissem Grund scharf gezeichnet ab, während der längere Querbalken, wenigstens ausserhalb des Kreises, breit und verwaschen ist. Gegenüber Aufn.6 zeigt Aufn.8 manche Veränderungen, hauptsächlich darin bestehend, dass manche Teile trüb geworden sind.

Nach dem Erhitzen auf 600° liess sich nichts mehr von den früheren Details erkennen. Doppelbrechung war kaum mehr festzustellen.

Schliff 2 wurde senkrecht zur Basis des Minerals geschnitten und in gleicher Weise wie 1 behandelt. (Aufn.9/100°/ bis 14/360°/. Der Vertikalschliff zeigt bei schrittweisem Erhitzen die gleichen Veränderungen wie der Horizontalschliff. Die Dauer der Erhitzung betrug stets 3 Stunden. Die Schliffe wurden später bei 1100° längere Zeit geglüht. Sie erschienen unter dem Mikroskop nun gleichmässig weiss und liessen von den früheren Details nichts mehr erkennen.

Weitere Untersuchungen.

Versuch 1.

Ein Stück Edelopal 18 - Vörösvagas und 2 Stücke Opal 25 - Vörösvagas wurden auf 105° erhitzt und zeigten nach 3 Stunden gar keine Veränderungen. Bei 180° wurde der Edelopal trüb. Der Opal bekam einige kleine Sprünge, blieb aber klar durchsichtig. Bei 330° wurde der Edelopal zu einer porzellanartigen Masse, der Opal wurde durch zahlreiche feine Sprünge in den dickeren Schichten weiss, in den dünneren aber blieb er unverändert durchsichtig. Auch zeigte diese Schicht nur wenige Sprünge.

Es sollte festgestellt werden, bis zu welchen Temperaturen der Opal durchsichtig bleiben würde.

Versuch 2.

Von Milchopal 30 - Vörösvagas wurde eine unbestimmte Menge durch 3 Stunden Erhitzen auf etwa 300° teilweise entwässert und nach dem Erkalten mit Toluol (Kp 109°) befeuchtet. Nachdem die Substanz schon wieder trocken war, blieb der Tiegel noch 2 Monate an der Luft stehen. Beim Erhitzen entwickelte sich im Tiegel ein mit gelber Flamme brennendes Gas. Die Kieselsäure nahm also Toluol auf und hielt es sehr fest.

Diesbezügliche Versuche wurden nicht mehr weiter angestellt, da bekannt wurde, dass von anderer Seite mit positivem Erfolg solche Versuche schon gemacht worden waren.

Versuchsreihe 3 - 5.

Es soll festgestellt werden, wie sich das spezifische Gewicht dreier Kieselsäuremineralien mit dem Entwässern bei verschiedenen Temperaturen ändert.

Versuch 3, Opal Vörösvagas 25.

a)	normal				d 2,069.
b)	3h	erhitzt auf 110°	Verlust 1,11%	H_2O	d 2,063 - 2,065.
c)	3h	" " 200°	" 2,79%	"	d 1,973 - 1,985.
d)	3h	" " 290°	" 5,92%	"	d 1,934 - 1,941.
e)	3h	" " 400°	" 7,63%	"	d 1,876
f)	3h	" " 500°	" 9,17%	"	d 1,805 - 1,832.
g)	3h	" " 1130°	" 9,86%	"	d 2,196 - 2,205.

Versuch 4. Opal 35 - Steinheim.

a)	normal	d 1,982 - 2,062.			
b)	3h	erhitzt auf 110°	Verlust 2,01%	H_2O	d 2,024 - 2,032.
c)	3h	" " 200°	" 3,30%	"	d 1,959 - 1,967.
d)	3h	" " 310°	" 3,98%	"	d 1,948 - 1,988.
e)	3h	" " 400°	" 4,01%	"	d 1,940 - 1,960.
f)	3h	" " 500°	" 4,23%	"	d 1,945 - 1,989.
g)	3h	" " 1130°	" 4,57%	"	d 1,892 - 1,975.

Versuch 5. Hyalit 6 - Rüdigheim.

a)	normal	d (2,140) - 2,160.			
b)	3h	erhitzt auf 170°	Verlust 0,26%	H_2O	d 2,152.
c)	3h	" " 560°	" 2,15%	"	d 1,732 - 1,842.
d)	3h	" " 1100°	" 4,01%	"	d 1,650 - 1,791.

Wenn die gesamten Entwässerungswerte, besonders der des Opals 25 etwas zu hoch ausfielen, so ist dies auf die Hygroskopie dieser Körper nach Entwässern bei mittleren Temperaturen (300 - 600°) zurückzuführen; denn es wurde für jeden Versuch nur eine Einwage gemacht, von der die zur Bestimmung nötigen Teilchen jeweils abgezogen wurden. Wenn aber die Entwässerungswerte für niedere Temperaturen ausnehmend gring sind, so liegt dies daran, dass zu den Bestimmungen kein Pulver, sondern kleine Splitter gewählt wurden, aus denen das Wasser weit schwerer zu entfernen ist, als aus dem fein geriebenen Pulver. Es ergibt sich hieraus, dass für Entwässerungstabellen- und Kurven der Feinheitsgrad der Substanz von ausschlaggebender Bedeutung ist. Ein anderer Umstand, der zu den obigen Fehlern Anlass zu geben vermochte, ist die nicht einheitliche Grösse der untersuchten Splitter. Kleine Stückchen werden nach dem vorn Gesagten rascher ihr Wasser verlieren, als grössere. Wurden nun aber zu den spezifischen Gewichtsbestimmungen für bei 110° und 300° erhitzte Körper kleinere Teilchen genommen, so verloren die restlichen grösseren Körper bei 500° erst ein Teil des Wassers, das sie nach den Entwässerungskurven bei niedereren Temperaturen hätten verlieren müssen.

Die vorliegenden 3 Versuchsreihen bringen ein überraschendes Ergebnis. Die Opale, welche ihr Wasser teilweise oder ganz verlieren, sollten eigentlich in ihren spezifischen Gewichten zunehmen und hochgeglühte Körper sollten ungefähr die Dichte der Tridymit- oder Quarzkieselsäure haben. Dies wurde erwartet,

aber im Gegensatz dazu wurden mit fortschreitender Entwässerung die Opale immer leichter, bis sie ein Minimum an Gewicht erreichten, nachdem sie auf eine Temperatur von 1100° gebracht waren. Die Ursache zu diesem Verhalten ist in der Eigenschaft der Opale zu suchen, bei der Hydratation auf dem Wege des einfachen Befeuchtens nie mehr so viel Wasser aufzunehmen, als sie bei dem vorhergehenden Erhitzen verloren. Und was für das Wasser gilt, hat wohl auch für organische Flüssigkeiten wie Xylol, Toluol und Tetrabromäthan Geltung. Würde die angewandte Flüssigkeit, ein Gemisch von Acethylentetrabromid und Xylol vollständig den Raum eingenommen haben, welchen vordem das Wasser inne hatte, so hätten sich annähernd absolute Werte für die Dichte ergeben können. Da aber beim Erhitzen der Opale das ausgetriebene Wasser durch resorbierte Luft zum Teil ersetzt wird und da diese Luft bei langem (10 stündigem) Liegen des Opals in der organischen Flüssigkeit nicht gegen diese ausgewechselt werden kann, so ist die geringe Dichte damit erklärt.

Die Flüssigkeit mit den luftenthaltenden Opalen in ein Vkuum zu bringen, ist auch aussichtslos, da dann die resorbierten Gase zwar (vielleicht!!) entfernt würden, das Mischungsverhältnis der beiden organischen Flüssigkeiten aber durch Verdunsten des relativ flüchtigen Xylols sich zugunsten des schwerflüchtigen Tetrabromäthans verschieben würde. Die Substanzen würden dann zu schwer gefunden.

Die Dichte des Opals 25 - Vörösvagas nimmt beim Erhitzen auf 1130° bedeutend zu. Die Ursache davon dürfte in einer gewissen Sinterung zu suchen sein, die bei hohen Temperaturen nicht bei allen, aber doch bei vielen Opalen nachgewiesen wurden. Es kam häufig vor, dass die geglühten Opale schon bei Temperaturen zwischen 1000° und 1050° fest am Platintiegel anschmolzen. Nachdem der Smp der Kieselsäure wesentlich höher liegt, bewirken wohl ganz geringe Beimengungen von Alkalisilikat die Sinterung.

Versuchsreihe 6.

Es soll hier untersucht werden, in welcher Beziehung Wassergehalt, Lichtbrechung und spezifisches Gewicht miteinander stehen. Zur Beobachtung gelangten folgende 6 Mineralien:

1). Opal Vörösvagas 2.) Opal Steinheim 35 3).Edelopal Australien 10

4). Milchopal Vörösvagas 30 5).Hyalit Waltsch 2 6).Hyalit Rüdigheim 6

Die Ergebnisse entsprechen den Erwartungen. Eine Beziehung zwischen spez.Gewicht und Wassergehalt bei verschiedenen Temperaturen zu finden ist nach dem oben darüber Gesagten ausgeschlossen. Ähnlich steht es mit den Beziehungen zwischen Lichtberechnung und Wassergehalt. Die Änderungen im Brechungsexponenten sind ausserordentlich gering und liegen in der fritten Dezimale innerhalb der bei der Beobachtung zulässigen Fehlergrenze.

Ich machte meine Untersuchungen durch Beobachtung der Beckeschen Linie. Die Fehlergrenze beträgt etwa in der 3.Dezimale ± 3. Da die verwandten Flüssigkeiten in der Hauptsache abs.Alkohol Chloroform und Tetrachlorkohlenstoff sehr flüchtig sind, so ist die Genauigkeit weit geringer, als die Rinne (s.Lit.) bei ähnlichen Untersuchungen mit Hilfe der Refraktometermethode erreichte.

Versuch 7.

Bei den Hydratationsversuchen war es schon aufgefallen, dass die feinsten suspendierten Teilchen sich nur ausserordentlich langsam absetzten, dass aber dann, als der trübe Schleier sich niedergeschlagen hatte, die überstehende Flüssigkeit immer noch eine weisslich-blaue Färbung zeigte. Da zu vermuten war, dass Kieselsäure in Lösung gegangen war, wurde in 2 Versuchen der gelöste Teil quantitativ bestimmt.

In je einem Standzylinder wurden ungefähr 0,8 g feinst gepulverter Hyalit 2 - Waltsch und Opal 25 - Vörösvagas in 160 cm^3 kaltem Wasser aufgeschlemmt und zwei Monate stehen gelassen. Die Gefässe waren vor Erschütterungen geschützt. Beidemale war die überstehende Flüssigkeit ganz leicht bläulich gefärbt. Dann wurden je 40 cm^3 abpipettiert und in einer Platinschale zur Trockne gedampft und geglüht. Vom Opal waren in 40 cm^3 Flüssigkeit 3,2 mg vom Hyalit 3,1 mg enthalten.

Um nun zu prüfen, ob in der Lösung a oder b Kieselsäure vorlag, wurde genau nach der Vorschrift von L o b i n g e r (s.Lit.) verfahren.

Frisches Hühnereiweiss wurde mit reinem Aceton versetzt und die Flüssigkeit im Vakuum verdampft, dann gab ich noch zweimal Aceton zu und verdampfte wieder. Mit dem trocknen Pulver verfuhr ich wie oben. Doch bekam ich beidemale keine Fällung. Um einen Kontrollversuch zu machen, stellte ich mir nach Vorschrift eine Lösung aus frischem Eiweiss her und bekam fast sofort bei der Hyalit wie bei der Opallösung eine Fällung. Es liegt demnach in den Lösungen a Kieselsäure vor.

Versuch 8.

Folgenden Versuch stellte ich auf Anregung von Herrn Professor S t e i n m e t z an. Eine dünngeschliffene Opalplatte von Edelopal 10 - Australien wurde auf ein beiderseits offenes Glasröhrchen aufgekittet und zwar so, dass der Plattenrand allseits über die Röhre hinausragte. Als Kitt benutzte ich Collolit, der mit einem heissen Messer aufgetragen wurde. Dann wurde der äussere Plattenrand und alle Übergangsstellen gut mit heissem Wachs abgedichtet. Nun wurde die Röhre durch einen durchbohrten Gummistopfen gesteckt, der auf ein mit dest.Wasser gefülltes Glas gepfropft wurde. Die Platte tauchte ins Wasser ein. In den offenen Teil der Röhre wurde gesättigte Kochsalzlösung gebracht, nachdem auch der Stopfen mit der Flasche gut abgedichtet war. Nach 3 Tagen wurde der Stopfen mit der Röhre von der Flasche entfernt und mit Silbernitrat auf Cl-Ionen geprüft. Es ergab sich in dem vorher reinen Wasser deutliche Fällung von AgCl.

Ein zweiter Versuch mit konz.Salzsäure schlug fehl, da die Säure das Verkittungsmittel zerstörte.

Ein dritter, ebenso wie das erstemal angestellter Versuch, ergab nach 8 Tagen eine sehr starke Fällung von Chlorsilber.

Bei einem weiteren Versuch mit Methylviolett (?) wurde die Aussenflüssigkeit gefärbt.

Ein fünfter Versuch ergab nach 2 Monaten noch keine Fällung von Chlorsilber, ebenso ein sechster und siebenter keine Fällung und keine Färbung der Aussenflüssigkeit. Demgemäss scheint Opal für Elektrolyte nicht durchlässig zu sein. Die Durchlässigkeit in den ersten Versuchen ist wohl durch Sprünge in der Opalplatte, welche mikroskopisch nicht festzustellen sind, verursacht.

Röntgenographische Untersuchungen.

Trotzdem schon von anderer Seite Untersuchungen an Kieselsäuremineralien gemacht worden waren, erschien es doch gut, einen umstrittenen Körper wie den Chalcedon nochmals aufzunehmen. Dazu war die Vergleichsaufnahme eines reinen Bergkristalls notwendig. Weiterhin wurden Edelopal Australien 10, Hyalit Waltsch, Hyalit Tateyama und Hydrophan-Vörösvagas röntgenographiert.

	gefunden 1/2 Durchm. mm	ϑ	$\sin^2\vartheta$	berechnet $\sin^2\vartheta$	Index
Edelopal Austral.10	12,0	10°35'	0,0337	0,0334	$10\bar{1}0$
	13,5	11°54'	0,0425		
	16,0	14°14'	0,0605	0,0536	$10\bar{1}1$
	17,5	15°25'	0,0707		
	19,0	16°45'	0,0831	0,0816	0002
	20,0	17°38'	0,0918		
	21,0	18°31'	0,1009	0,0992	$11\bar{2}0$
				(0,1197	$11\bar{2}1$)
	23,0	20°17'	0,1202	(0,1150	$10\bar{1}2$)
	25,0	22° 4'	0,1411	0,1323	$20\bar{2}0$
	27,0	23°48'	0,1628	0,1529	$02\bar{2}1$
	28,1	24°46'	0,1755	0,1809	$11\bar{2}2$
	33,0	29° 5'	0,2363	0,2315	$21\bar{3}0$
	34,2	30°23'	0,2558	0,2520	$21\bar{3}1$
	37,0	32°37'	0,2905	0,2981	$30\bar{3}0$
Hyalit Waltsch	12,0	10°46'	0,0349	0,0334	$10\bar{1}0$
	13,0	12°17'	0,0453		
	16,2	14°17'	0,0609	0,0536	$10\bar{1}1$
	17,5	15°25'	0,0707		
	20,0	17°38'	0,0918		
	21,5	18°58'	0,1056	0,0992	$11\bar{2}0$
	23,0	20°17'	0,1202	(0,1197	$11\bar{2}1$)
				(0,1150	$10\bar{1}2$)
	25,0	22° 4'	0,1411	0,1323	$20\bar{2}0$
	27,0	23°48'	0,1628	0,1529	$02\bar{2}1$
	28,1	24°45'	0,1755	0,1809	$11\bar{2}2$
	33,0	29° 5'	0,2363	0,2315	$21\bar{3}0$
	34,2	30°23'	0,2558	0,2520	$21\bar{3}1$
				(0,2829	$11\bar{2}3$)
	37,0	32°37'	0,2905	(0,2977	$30\bar{3}0$)
Hydrophan	12,0	10°35'	0,0337	0,0334	$10\bar{1}0$
	13,5	11°54'	0,0425		
	16,0	14°14'	0,0605	0,0536	$10\bar{1}1$
	17,5	17°25'	0,0707		
	20,0	17°38'	0,0918		
	21,0	18°31'	0,1009	0,0992	$11\bar{2}0$
	25,0	22° 4'	0,1411	0,1323	$20\bar{2}0$
Tateyama	12,0	10°35'	0,0337	0,0334	$10\bar{1}0$
	13,5	11°54'	0,0425		
	16,0	14°14'	0,0605	0,0536	$10\bar{1}1$
	17,5	15°25'	0,0707		
	20,0	17°38'	0,0919		
	21,0	18°31'	0,1009	0,0992	$11\bar{2}0$
				(0,1197	$11\bar{2}1$)
	23,0	20°17'	0,1202	(0,1150	$10\bar{1}2$)
	25,0	22° 4'	0,1411	0,1323	$20\bar{2}0$
	27,0	23°48'	0,1628	0,1529	$0,2\bar{2}1$
	28,1	24°46'	0,1755	0,1809	$11\bar{2}2$
	33,0	29° 5'	0,2363	0,2315	$21\bar{3}0$
	34,2	30°51'	0,2630	0,2520	$21\bar{3}1$
				(0,2829	$11\bar{2}3$)
	37,0	32°37'	0,2905	(0,2977	$30\bar{3}0$)

Die Ergebnisse sind folgende:
Quarz- und Chalcedonspektrum sind identisch. Die Spektren des Edelopals und der beiden Hyalite haben weitestgehend Ähnlichkeit, ihre Linien sind im Quarzspektrum enthalten. Es gelang 11 bezw.10 zu indicieren. Hydrophan als eine sehr junge Bildung weist nur spurenweise Bildung von Kristalliten auf. Die Aufnahmen wurden bei 40 000 Volt und 20 m Amp. und einer Expositionszeit von 1 1/2 - 2 Stunden gemacht. Der Rechnung zugrunde-

gelegt ist die Debye-Formel für das hexagonale System.

Nach W a s h b u r n und N a v i a s (Jahrb.f.Min. 1923 I 14) steht der gewöhnliche Chalcedon dem Quarz sehr nahe. Die röntgenographische Untersuchung durch A. W. H u l l ergab völlige Übereinstimmung des Chalcedons mit Quarz. Die geringere Dichte und Lichtbrechung des Chalcedons gegenüber Quarz wird durch die Dispersoidnatur des aus kolloidaler Kieselsäure hervorgegangene Minerals und die geringe Korngrösse der in ihnen enthaltenen Kristallite erklärt. Dieselben Verfasser (Jahrb.f. Min.1924 II 22) geben an, dass die Röntgenogramme von Quarz, Chalcedon und Feuerstein identisch sind.

M. W. L e h m a n n untersucht (Z.f.Krist.59,1924, 455 -) röntgenographisch Feuerstein, Chalcedon, Jaspis, den Hyalit vom Kaiserstuhl, den Feueropal von Zimapan, gemeinen Opal von White Cliffs, Edelopal von Australien und Quarz. Das Ergebnis von W a s h b u r n und N a v i a s betreffend Chaldedongitter wird bestätigt. Opale zeigen verschiedenes Verhalten. Edelopal und gemeiner Opal haben kaum Andeutungen von Linien, sind also typisch amorph. Feueropal Zimapan zeigt schwache Interferenzlinien, er ist also eine Übergangsstufe. Die Amikronen sind so gross, dass sie den D e b y e - S c h e r r e r - Effekt geben, wenn auch nur schwach. Der Hyalit zeigt charakteristische Quarzlinien deutlich, was auch seine Doppelbrechung erklärt, er gehört also zu den Chalcedonen.

Ich trage Bedenken dieser Ansicht beizupflichten, da auch der Edelopal Australien die gleichen Linien wie der Hyalit Waltsch und der Hyalit Tateyama zeigt, ohne, dass bei ihm etwas von der starken Doppelbrechung der Hyalite zu be merken wäre.

Nach R i n n e (Z.f.Krist.60) sind Quarz-Feuerstein- und Chalcedonspektrum identisch. Quarz gibt 12 Linien. Die untersuchten Opale, Hydrophan, Milchopal und Hyalit Waltsch geben Spektra mit je 2 breiten Interferenzbändern in der Nähe des Primärstrahles. R i n n e wagt nicht zu entscheiden, ob dies auf amorphe Materie mit zarten Bildungen von Quarz oder Tridymit oder Kristobalit hinweist.

Lösungsversuche.

Nach N. J. F u c h s (Pogg.Ann.31,577) lässt sich mit heisser Kalilauge aus Opal die Opalmenge ausziehen; der Rückstand besteht aus kristallisierter Kieselsäure.

Diese Untersuchung legte den Gedanken nahe, weitere Versuche in dieser Richtung anzustellen und die Rückstände genauer zu prüfen.

Ich brachte einen Schliff von Hyalit 1 - Kulmain in ein mit etwa 20%iger Kalilauge gefülltes Glas, welches ich bedeckte, um den Zutritt der Luftkohlensäure zu verhindern. Nach einiger Zeit zeigten sich bei starker Vergrösserung (etwa 200 fach) auf dem mit Lauge behandelten Schliff zahlreiche bazillusartige Gebilde, welche bei weiterer Einwirkung immer zahlreicher wurden und „wuchsen", sodass sie später auch mit geringerer Vergrösserung sichtbar wurden. Sie treten wahllos über den ganzen Schliff verteilt auf, haben jedoch in der Ebene der Ringe eine ganz besondere Anordnung parallel dem Ringstreifen. Allem Anschein nach dreht es sich hier um „Ätzbilder", welche naturgemäss nur bei einem Gemenge von leichter und schwerer angreifbarer Substanz auftreten können.

Schliff 5 (Hyalit-Kulmain) wurde mit Kalilauge behandelt. Nach 1^h-Behandlung mit 10%iger Lauge zeigte sich unter dem Mikroskop noch keine Textur. Nach 5stündiger mit 20%iger Lauge ist deutliche Eistruktur auch ohne Blende schon sichtbar. Nach 14 Stunden weiterer Behandlung mit Lauge von der gleichen Stärke bot sich das Bild eines längere Zeit bei 300° entwässerten Schliffs. Die Substanz löst sich auch bei sehr langem Behandeln mit warmer 30%iger Lauge nicht auf. An einer Reihe von weiteren Schliffen dieses und des Hyalits von Waltsch wurde das Gleiche festgestellt. Es ergibt sich, dass die Ringschalen

aus widerstandsfähigerem Material bestehen als die Ringfüllungen und die Substanz zwischen den einzelnen Ringen; denn der Schliff, mit dem der Versuch gemacht wurde, zeigte als Begrenzung lediglich die „Eischalen". Das die einzelnen „Eier" verkittende Material war hauptsächlich gegen die äussere Umrandung zu von der Lauge weggefressen.

Der Feueropal von Zimapan ist in verdünnter warmer Lauge leicht löslich bis auf kleine Flocken von Eisenhydroxyd. Unter dem Mikroskop zeigt der angeätzte Schliff in parallelen Linien angeordnete bazillusartige Figuren, wie wir sie noch bei den Schliffen der australischen Edelopale kennen lernen werden.

Die Hydrophane lösen sich ebenso leicht wie der Feueropal von Zimapan auf, doch sind hier „Ätzbilder" nicht zu sehen, ein Beweis dafür, dass der Hydrophan eine einheitliche Substanz ist, oder, dass mindestens die Kristallisation noch so wenig vorgeschritten ist, dass „Ätzbilder" erst bei stärksten Vergrösserungen festzustellen wären.

Die zwei Chaldedone von Brasilien 76 und 78 wurden in ganzen Stücken längere Zeit in 20%iger Lauge auf dem Wasserbad behandelt. Der erste, welcher sich nicht färben lässt, ist dichter als der andere; er wurde angegriffen aber nur verhältnismässig wenig. Der andere färbbare, zeigte nach längerer Behandlung ein wundervolles, scharf ausgeprägtes Relief. Es scheint demnach der Chalcedon wie der Hyalit aus 2 Substanzen zu bestehen einer schwer- oder unlöslichen kristallisierten und einer leicht löslichen kolloidalen Kieselsäure. Demnach darf man, wie schon N.J.F u c h s angab, im Chalcedon sogenannte Opalkieselsäure annehmen.

Vom Edelopal 10 - Australien wurde ein Dünnschliff etwa 14 Tage auf dem Wasserbad mit 10 %iger Lauge behandelt und ab und zu mikroskopisch untersucht. Er zeigte „Ätzbilder", welche durch eine gewisse lineare Anordnung ausgezeichnet waren, löste sich aber nicht ganz auf. Auffällig ist, dass das Farbenspiel durch die Behandlung des Opals mit Kalilauge kaum beeinträchtigt wurde.

Der gleiche, wie beschrieben, behandelte Schliff wurde nach langem Auswaschen und Trocknen an der Luft im Elektroofen bei 100° geglüht. Er verlor 7,6 % Wasser (früherer Gehalt des Opals 6,88 % H_2O). Nach dem Glühen zeigte er mit Wasser oder Toluol befeuchtet, wenn auch schwächer als vorher, deutliches Farbenspiel. Ein zweiter Schliff wurde 3 Tage mit Natronlauge von 30 % auf dem Wasserbade behandelt, gut ausgewaschen, 3 Stunden bei 50° im Trockenschrank getrocknet und geglüht. Er verlor noch 6,74 % Wasser und opalisierte, als er nach dem Glühen mit Wasser befeuchtet wurde.

Ein weiterer Schliff vom gleichen Edelopal wurde in etwa 20 %iger Lauge auf dem Wasserbad eine Stunde, 3^h, 10^h und 2 Tage erwärmt und dann jeweils photographiert. Nach 1^h zeigte er die nun schon bekannten „Bazillen" und bei genauerem Hinsehen findet man auch schon eine gewisse reihenförmige Anordnung (Aufn.21). Diese Anordnung ist noch weit ausgeprägter in Aufn.22 nach 3stündiger Behandlung. Die einander parallel liegenden Teile verlaufen nach 3 Richtungen. Nach 10 Stunden ist der Schliff sehr stark angegriffen. Wir sehen in Aufn.23 wie sich die gröberen, wenig angreifbaren Teile, mehr und mehr herausschälen und weiter, dass diese Teile von einer Schichtlage wesentlich feinere Teilchen in einem Winkel von etwa 60° geschritten werden. Das Restprodukt der Behandlung mit Lauge ist in der Aufnahme von 24 zu sehen. Das mikrokristalline Gitter ist der eigentliche Träger der Opalfärbung. Das bunte Farbenspiel der Edelopale wird also durch die lamellare Anordnung allerfeinster Kieselsäureteilchen hervorgehoben, welche ihrerseits wieder zu gröberen Fasern zusammengeschlossen sind. Diese gröberen Teile sind durch die Aufnahme 24 festgehalten. Die eigentliche Opalsubstanz ist also nicht Trägerin der Farben,

sondern nur das zwischen die kristalline Teile eingelagerte Medium, welches sich, wie die Versuche ergaben, mit Kalilauge entfernen lässt, und sich durch ein anderes entsprechendes Medium wie Wasser, Toluol, Alkohol usw. ersetzen lässt, ohne, dass das Farbenspiel jener Teile beeinträchtigt wird. Die kristallinen Bestandteile dürften wohl Quarzkieselsäure sein, welche sich auf röntgenographischem Wege nachweisen lassen muss.

Damit dürfte wohl die Ansicht G ü r i c h s (Jahrb. f.Min.4/01) widerlegt sein, dass der Edelopal von White Cliffs sein Farbenspiel lediglich dem Umstand verdankt, dass er eine Pseudomorphose nach Kalkspat darstellt, und dass die Struktur des Kalkspates die Ursache zu der Inhomogenität des Edelopals gibt, welche die Erscheinung des Opalisierens bewirkt.

B r e w s t e r erklärte den Farbeneffekt der Opale durch lagenweise verteilte mikroskopische Hohlräume (Rep.Brit. Assoc.1844, 2.p.9.). Q u i n c k e (Ann.Phys.1904, 13.p.327) erklärt ihn mit den feinen parallelen Falten in der erstarrten Oberfläche von Schaumstreifen mit unsichtbaren Schaumkammern. Beide Forscher betrachten ebenso wie G ü r i c h und T s c h e r m a k (Tscherm.Mitt.N.F. 21,89), der das Irrisieren durch feine Sprünge bewirken lässt, die eigentliche Opalkieselsäure als Trägerin des Farbenspiels.

Am meisten kommt B e h r e n s meiner Erklärung nach (Naumann-Zirkel, s.Lit.), der die Ursache des Farbenspiels in eingebetteten sehr dünnen, und oft gekrümmten reflektierenden Opallamellen von etwas anderer Brechbarkeit als der Grundsubstanz sieht.

Textur der Kieselsäure und Wasserbindung.

Was meine diesbzüglichen Untersuchungen anbelangt, so wurde der wichtigste Punkt schon im vorigen Kapitel behandelt: die Kieselsäure in den Hyaliten und in den meisten Opalen ist keine einheitliche. Die Körper dieser Klassen setzen sich fast immer aus einem Teil kristalliner Kieselsäure und einem Teil kolloider, sogen.Opalkieselsäure zusammen. Eine Ausnahme machen nur die relativ jungen Opale, welche durch einen hohen Wassergehalt ausgezeichnet sind und wie sie im Opal von der Rheinpfalz 68 und Opal 25 Vörösvagas vorliegen. Dazu kommen noch die Hydrophane, welche samt und sonders sehr jung zu sein scheinen. Ihrem Wesen nach sind also diese Körper kolloidal oder wenigstens überwiegend kolloidal.

Was nun die Auswertung meiner Untersuchungen anbetrifft, so ist festzustellen, dass der Wassergehalt der Hyalite für ein bestimmtes Vorkommen in engen Grenzen ein ganz bestimmter ist (Hyalit 2 Waltsch). Er ist also zum mindesten nicht in dem Masse eine variable Grösse wie bei den Opalen. Vielleicht kann man ihn als ein Charakteristikum für ein bestimmtes Vorkommen betrachten.

Der Opal ist durch seinen Wassergehalt niemals eindeutig bestimmt. Der Wassergehalt ist schon für ein und dasselbe Vorkommen eine veränderliche Grösse. Er ist auch nicht für ein und dasselbe Stück konstant im Gegensatz zu den Hyaliten.

Die Art der Wasserbindung in den sogen.kolloidalen Kieselsäuremineralien scheint überall eine zweifache zu sein. Ein Teil des Wassers ist leichter, ein Teil fester gebunden,der eine Teil des Wassers entweicht bei 105° und darunter oder geht auch im Vakuum flüchtig, der andere aber wird so fest zurückgehalten, dass erst bei Gelbglut die Entwässerung vollständig durchzuführen ist. Die Grenze zwischen beiden Arten der Bindung ist aber keineswegs scharf gezogen. Zu diesen Beobachtungen sind zwei sich widersprechende Bemerkungen Le C h a t e l i e r s (s.Lit.) anzuführen! „Die Kieselsäure verliert unter Atmosphärendruck bei 100° oder im Vakuum bei gewöhnlicher Temperatur ihr gesamtes Wasser," und „bei lebhafter Rotglut geglühte Kieselsäure, mit Wasser benetzt, gibt dies auch im Vakuum nicht vollständig wieder ab."

Nach meinen Untersuchungen, wie sie in den Entwässerungs-

versuchen mittels des Vakuums 28 angestellt wurden, ist das Wasser aus den Opalkörpern ausserordentlich schwer zu entziehen. Es verlor Hyalit Waltsch in 3 Wochen nur 0,17 % Wasser und Halbopal 57 in 11 Wochen nur 0,51 % Wasser. Hiermit stimmt die Feststellung T a m m a n s überein (Zeitschr.f.phys.Chem.27 p.333), dass der Dampfdruck des Hyalits bei geringer Wasserabgabe rasch sinkt.

Seine weitere Bemerkung „bei verschiedenen Arten von amorphen Kieselsäurehydrat, unterschieden durch ihren Wassergehalt, sind die Dampfspannungen sehr verschiedene Funktionen des Wassergehalts", gibt die Möglichkeit zu, dass es auch Körper dieser Klasse gibt, welche sich verhältnismässig leicht ihr Wasser entziehen lassen.

Das Verhalten der Kieselsäure-Mineralien steht mit ihrem inneren Aufbau, mit ihrer Textur im engsten wechselseitigen Zusammenhang. Es ist eine dreifache Wasserbindung möglich.

1). kann das Wasser chemisch in den Hydraten gebunden sein,
2). kann es in Hohlräumen eingeschlossen,
3). in Kapillaren aufgezogen sein.

Was die erste Art der Bindungsmöglichkeit betrifft, nämlich die chemische, so sind die bisher angeführten Gründe für die Natur der wasserhaltigen Opale schlechthin nicht zwingend. Würden nämlich in ihnen wohl definierte Hydrate vorliegen, so müssten beim schrittweisen Entwässern der Substanzen die Entwässerungskurven Knicke zeigen. Diese aber waren weder bei meinen, noch bei den Versuchen der Literatur festzustellen. Das Einzige, was für Hydrate spricht, sind die Lobingerschen Eiweissfällungsversuche. Diese Hydrate können sich nur auf einer relativ geringen Menge der Opalmasse beziehen.

L o b i n g e r (s.Lit.), der chemisch bestimmte niedere Kieselsäurehydrate darzustellen versuchte, fasst seine Ergebnisse im folgenden zusammen: „So bestätigen die Fällungsversuche mit Ammoniak und Ammonium-Chlorid erneut die Tatsache, dass frisch dargestellte Kieselsäuregele fortlaufend unter Abgabe von chemisch gebundenem Wasser einer höheren Kondensationsstufe zustreben. Dieser Vorgang verläuft mit fortschreitender Kondensation langsamer und kann auch durch die Temperatur beeinflusst werden. Er ist nicht umkehrbar. „Auf Grund dieser Arbeit sind wir wohl berechtigt, chemisch wohl-definierte Hydrate der Kieselsäure anzunehmen, die aber ihr Wasser sehr leicht gebunden enthalten und sich leicht zu höhermolekularen Körpern kondensieren. Es sei aber darauf hingewiesen, dass ein prinzipieller Unterschied zwischen der reinen, auf chemischen Weg gewonnenen Kieselsäure in den mannigfachen Einflüssen chemischer und physikalischer Art ausgesetzten natürlichen Kieselsäure besteht.

Was die Möglichkeit der Wasserbindung unter 2 und 3 betrifft, so ist sie als eine prinzipiell gleiche, nämlich Resorptionsbildung anzunehmen. Der Unterschied, der zwischen beiden Arten entsteht, ist nur ein quantitativer und wird durch die Maschengrösse der Substanz bestimmt. Dass Wasser sich ab und zu in Hohlräumen eingeschlossen findet, wurde durch die Beobachtungen am Hyalit-Rüdigheim 6 sehr wahrscheinlich gemacht, ebenso auch durch das Verhalten mancher, nicht aller Mineralien bei vorsichtigem Erhitzen zu zerspringen. Diese Art der Wasserbindung dürfte für Hydrophane nicht in Frage kommen, wenigstens nicht in erster Linie. Sie ist auch nur von geringer Bedeutung.

Weitaus der grösste Teil des Wassers dürfte in Opalen und Hyaliten in einem Maschenwerk äusserst feiner Kapillaren gebunden sein. Solche Kapillaren konnte ich des öfteren beobachten. Besonders schön sind sie bei Hyalit 6-Rüdigheim ausgebildet. Höchst ähnlich den in diesem Falle etwas gröberen Kapillaren muss das Gitter aus feinsten Kristallnädelchen wirken, wie es sich in fast allen Opalen, besonders in den Edelopalen befindet und wie es die Aufn. 21 und 24 zeigen. Wenn teilweise

oder ganz entwässerte und geglühte Opale und Hyalite Wasser aufnehmen, so kommt als bindender Faktor m.E. vorwiegend dieses feine Maschenwerk in Frage. Dass es viel Wasser binden kann und fest binden kann, ist durch meine unter den "Lösungsversuchen" angestellten Untersuchungen festgestellt. Es sei hier kurz wiederholt, dass in 2 Schliffen des Edelopals 10 - Australien das kryptokristalline Maschenwerk mittels Natronlauge von der löslichen Kieselsäure getrennt wurde, und dass die unlösliche Substanz einen höheren Wassergehalt aufwies, als dem nicht vorbehandelten Opal zukam. Je feiner die Hohlräume sind, desto fester wird das Wasser gebunden. Wird aus diesen Mizellen das Wasser teilweise entfernt, sei es im Vakuum oder durch vorsichtiges Erwärmen, so steht der Grad der Hykroskopizität - eine solche ist fast immer vorhanden - in direkter Beziehung zur Feinheit dieser Mizellen. Die äusserst feine Verteilung des Wassers im Opal wird auch durch die Rinneschen Versuche an Opalen in flüssiger Luft bewiesen, wobei das Wasser nicht zu Eis erstarrte, sondern nur stark unterkühlt wurde.

Opal, Hyalit und Hydrophan verhalten sich inbezug auf ihren Wassergehalt gesättigt. Entzieht man diesen Körpern im Vakuum über Schwefelsäure einen Teil ihres Wassers, so nehmen sie, wenn sie gewässert werden, den gleichen Betrag wieder auf. Entzieht man ihnen aber einen Teil ihres Wassers durch Erwärmen, so nehmen sie viel weniger Wasser von neuem auf, da durch lang andauerndes Erhitzen Veränderungen im Maschenwerk der Kieselsäure bedingt werden.

Stellt man unbehandelte, gepulverte Substanz staubgeschützt an die Luft, so verändern sie innerhalb der Versuchszeit ihr Gewicht nicht, oder nur um geringe Beträge, welche vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft abhängig sind. (Versuche 19 - 23).

Bei den Opalen auf ihrer ursprünglichen Lagerstelle geht die Chalcedonierung mit einem fortschreitenden Wasserverlust Hand in Hand und sie verhalten sich demgemäss in jedem Entwicklungsabschnitt als gesättigt. Ein Opal, der sehr lange in trockenen Räumlichkeiten liegt, verliert mit der Zeit mehr Wasser als seinem Entwicklungszustand entspricht. Er verhält sich ungesättigt (Opal 57).

Wenn es gelingt durch Hydratation unter Druck den Wassergehalt der Opale etwas zu erhöhen, so ist dies darauf zurückzuführen, dass in kleinen Hohlräumen, welche mit Luft gefüllt sind, nun das spezifisch schwerere Wasser hineingepresst wird. (Versuche 31 - 32).

Die Frage der Wasserbindung führt uns zu Schlüssen betreffs der Art der Kieselsäure in dem Körper der Opalklassen. Es wurde schon mehrmals hier betont, dass in den Opalen und Hyaliten zwei Arten von Kieselsäure sich befinden, von denen die primäre sich im kolloidalen Zustande befindet. Die Frage bleibt aber offen, ob kolloidale Kieselsäure nichts anderes als kristalline in feinster Verteilung ist. Es liegt nahe, dies anzunehmen. Durch Alterung des Gels wachsen die Ultramikromen heran und bilden je nach den äusseren Bedingungen in den gewöhnlichsten Opalen ein dicht verfilztes Maschenwerk (ungeregelt), in den Edelopalen ein wohl geordnetes Gitter, in den kugeligen Hyaliten lagern sie sich schalig oder radial an(Aufn.20,22,24). Das Kieselsäuregerüst ist ausserordentlich stabil und bleibt bei starkem Glühen erhalten. Der empfindlichste Nachweis hierfür ist das Fortbestehen der Opaleszenz auch nach dem Glühen im Elektroofen, wie durch zahlreiche Versuche an Edelopalen bewiesen wurde. Es ergibt sich hieraus eindeutig, dass das Opalisieren auf eine kristalline, wasserfreie Kieselsäure zurückzuführen ist, von der aber nicht gesagt werden kann, welcher Modifikation sie angehört. Sie gibt nur ein schlechtes

Röntgenbild und zeigt keine oder nur geringe Doppelbrechung. Die Doppelbrechung der Hyalite ist lediglich eine Spannungsdoppelbrechung, hervorgefrufen durch die für sie charakteristische stalaktitisch-kugelige Ausbildung. Die dadurch bedingte relative grosse Oberfläche verursachte ein rasches Austrocknen des Gels und infolgedessen rasche und ungleichmässige Schrumpfung der ganzen Masse, während beim Eintrocknen des Opals, der nach B a u e r immer horizontal gelagert ist, kaum Spannungen entstehen konnten.

Die kolloidale Kieselsäure dürfte die Hauptsubstanz der Hydrophane oder jungen Opale mit hohem Wassergehalt (über 8 %) sein, soweit nicht wesentliche Verunreinigungen durch Aluminium-, Eisen-, Kalzium- und Magnesiumverbindungen als Ursache eines höheren Wassergehaltes in Frage kommen. Sie setzt mit der kristallinen zu ungefähr gleichen Teilen die Körper der Hyalitklasse (hier überwiegt die Quarzkieselsäure) und die Opale zusammen. Bei letzteren kann die eine oder andere überwiegen.

In den Körpern der Chalcedonklasse ist sie noch enthalten, aber von untergeordneter Bedeutung. Das Wasser im Chalcedon ist zum Teil noch absorbiertes Wasser. Im Tigerauge vom Kap ist Opalkieselsäure nicht mehr enthalten, das Wasser ist hier ausschliesslich resorptiv gebunden.

Wir kommen also aus dem Obigen dazu anzunehmen, dass die Möglichkeit wie in den sogenannten kolloidalen Kieselsäuremineralien das Wasser gebunden ist, stets eine zweifache ist. Das Wasser ist stets zum Teil resorptiv, zum Teil hydratisch gebunden.

Verwandtschaftliche Beziehungen der SiO_2 - Mineralien.

Zum Abschluss dieser Arbeit sei der verwandtschaftlichen und genetischen Beziehung der Kieselsäuremineralien untereinander noch Erwähnung getan. Die ersten, welche m.W. darauf eingingen waren C o r n u und L e i t m e i e r (Groth-Mieleitner, Mineral.Tabellen, s.Lit.). Nach der von ihnen aufgestellten Dehydratationsreihe ging die Entwicklung vom Opal zu Kascholong-Chalcedon und Quarz vor sich. Nach der Ansicht L e i t m e i e r s (C.B.Min.etc.1908,632) ist Kascholong trüber Chalcedon. Auch ein mir aus der Sammlung der Heidelberger Universität überlassener Kascholong war ein ausgesprochener Chalcedon.

Wenn nun weiterhin Chalcedon nicht als eine eigene Modifikation der Kieselsäure angesprochen werden soll, wie sich aus dem Röntgenogramm ergibt, und wenn auch Quarzin nur eine besondere Ausbildung von Quarz ist, so können wir aus der oben genannten Entwicklungsreihe Kascholong und Quarz streichen und es bleibt nur noch die Reihe Sol-, Gel-, Opal (Hyalit)-, Chalcedon.

Dass Opal und Hyalit chemisch so ähnlich, optisch aber einander so unähnlich sind, ist, wie schon vorhin bemerkt, auf die Bedingungen bei ihrer Bildung zurückzuführen. Nach B a u e r (Edelsteinkunde, 2.Aufl.) hängt Hyalit in Drusen stalaktitisch abwärts. Dadurch werden beim Eintrocknen des Gels starke Spannungen verursacht, welche beim Opal in Wegfall kommen, da dieser sich auf dem Boden von Höhlungen meist entwickelt. Durch seine grössere Oberfläche infolge seiner traubigen Ausbildung und der dadurch bewirkten rascheren Verdunstung, dürfte der verhältnismässig geringere Wassergehalt gegenüber dem Opal zu erklären sein.

Wenn der Hyalit wasserärmer wird, soll er nach K l o c k m a n n zum trüben, undurchsichtigen Perlsinter(Fiorit) werden. Dies erscheint mir aber nicht zutreffend, da der in der Literatur bekannte Perlsinter von Santa-Fiora den Durchschnitts-

wassergehalt der Hyalite aufweist, ja, unter meinem Material sogar einen höheren Wassergehalt als 5 andere Hyalite besitzt. Wir haben es beim Perlsinter als einen Quellenabsatz eben mit anderen Bildungsbedingungen als beim Hyalit zu tun.

Weiter hält K l o c k m a n n Hydrophan und Milchopal für einen durch Wasserverlust trüb und weiss gewordenen Edelopal. Was nun den Hydrophan betrifft, so steht dieser sicherlich dem Gelzustand sehr nahe, wie schon N i g g l i (Lehrb.d.Min.1920) angab. Man kann es sich auch schlecht vorstellen, dass der Edelopal lediglich durch Wasserverlust aus einem festen, kompakten Körper zu einem leicht zerbröckelnden werden soll. Der Milchopal steht aber dem Edelopal im Wassergehalt, in der Härte und im Glanz sehr nahe, sodass mir hier die Ansicht B a u e r s wahrscheinlicher erscheint, der beide Opale als gleichalterig betrachtet.

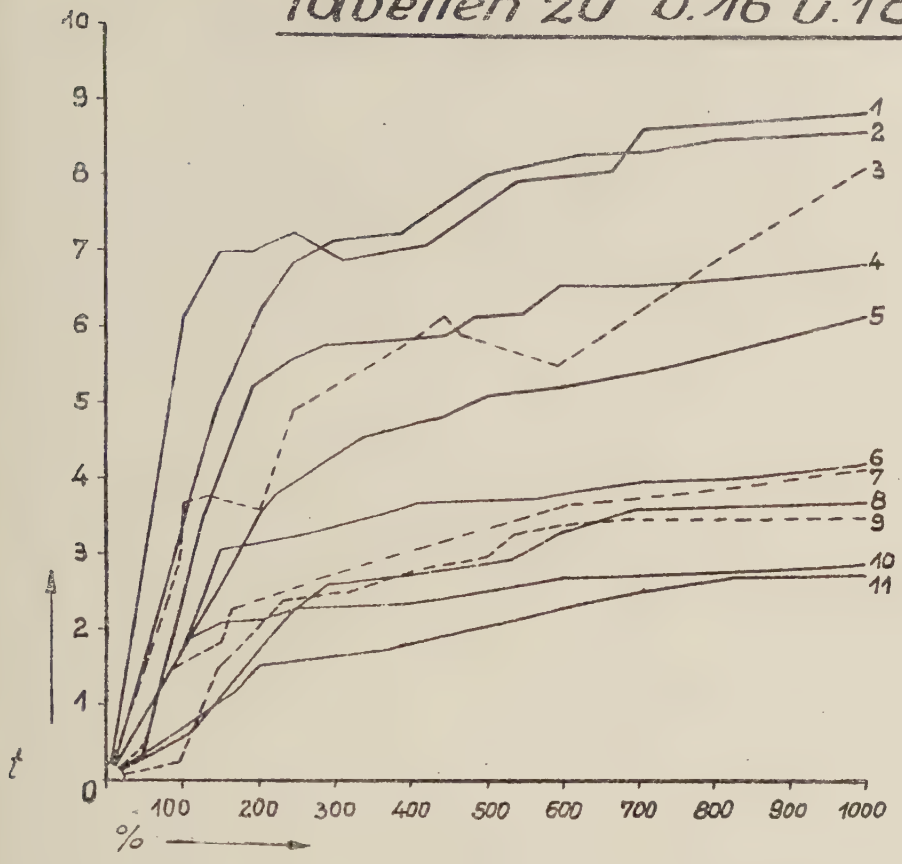
Nun noch eine Bemerkung: bei dem Studium der einschlägigen Literatur fiel mir auf, dass die Anzahl der Namen für Hyalit und Opale eine sehr grosse ist. Ich konnte 70 verschiedene Namen feststellen. Weiter war mir auffallend, dass der Hyalit vielfach als Opal und ein gewöhnlicher Opal als Edelopal bezeichnet wird, dann, dass der Befriff „Milchopal" nicht scharf umrissen ist usw. Es wäre wünschenswert, dass die Nomenklatur der Kieselsäure-Mineralien etwas vereinfacht würde. Deswegen habe ich für die Opalklassen nur 3 Unterabteilungen genommen, die Edelopale, welche durch ihr Farbenspiel charakterisiert sind, die Opale, zu denen die ganz hellen und weissen, wenig verunreinigten Vertreter ihrer Klasse zählen, und die Halbopale, unter welche alle Opale mit wesentlichen Beimengungen in erster Linie an Eisenoxyd zu rechnen sind. Hyalite und Hydrophane bilden je eine Körperklasse für sich.

==========

S c h r i f t t u m .

Reis - Spengel	Über Feingefüge und Wassergehalt der Opale ..... (Geogn.Jahreshefte,34.Jg.)
Wetzel	Sedimentpetrogr.Studien 1922
Le Chatelier	Kieselsäure und Silikate, übersetzt (Leipzig 1920)
G. Tamman	Über die Dampfspannung von krist.Hydraten (Z.phys.Chem.27, 1898)
T. Wada	Minerals of Japan, Tikio 1904
G. Quincke	Bildung von Schaumwänden, Beugungsgitter und Perlmutterfarben (Ann.Phys.13,217)
K. Lobinger	Zur Kenntnis der Kieselsäure. Diss. München 26.
Willstätter	Zur Kenntnis der Kieselsäure (9.Mitt. über Hydrate & Hydrogele, 13.Jg.58,1925)
C. Hintze	Handbuch der Min. Leipzig 1915.
C. Doelter	" " Mineralchemie Dresden 1914.
C.N. Fenner	The Stability Relations aof the Silica Minerals (Ann.Journ.of Sc.1913,56,531)
Rinne	Beiträge z.opt.Kenntnis der koll.Kieselsäure (N.J.f.Min.39 B.Bd.)
H. Leitmeier	Beiträge zur Kenntnis d.Verhältnisses zwischen Quarz, Chalcedon und Opal (Ztrbl.f.Min.1908)

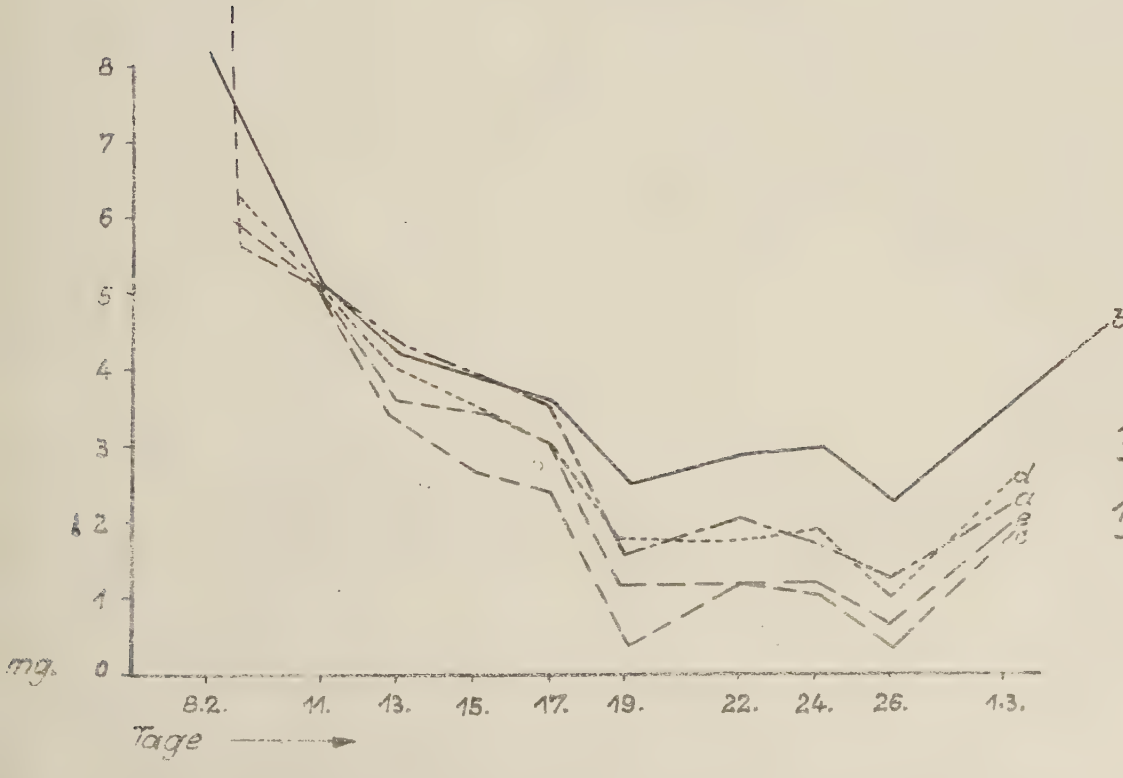
Tabellen zu S. 16 u. 18



1 cm =

1 % / 100°

1. Feueropal Zimapan
2. Opal 25 Vöröspatak
3. Hydrophan "
4. Edelopal Austr. 10
5. Opal Kosemitz
6. Halbopal Steinheim
7. Hyalit Kulmain
8. Hyalit Rüdigheim
9. Hyalit Waltsch
10. Milchopal Island
11. Halbopal Fundort (?)



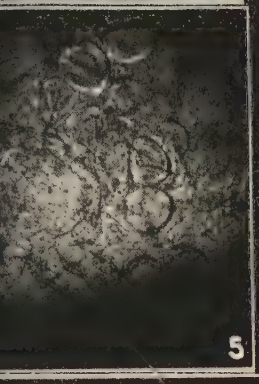
1 cm =

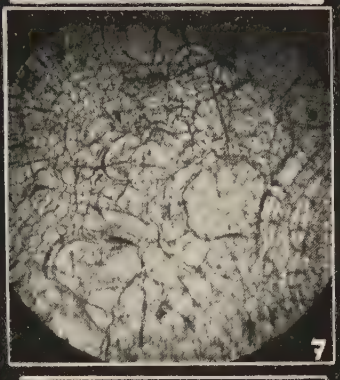
1 mg / 2 Tg.

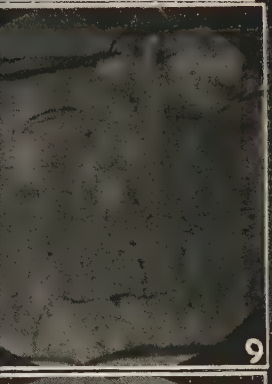
1

2

3

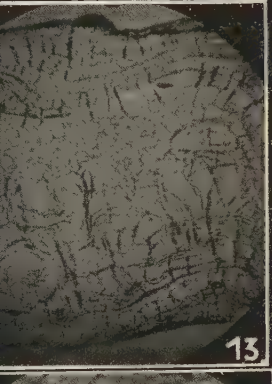
4

5

6

7

8

9

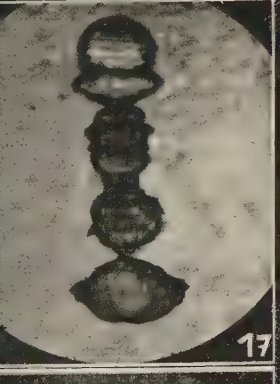
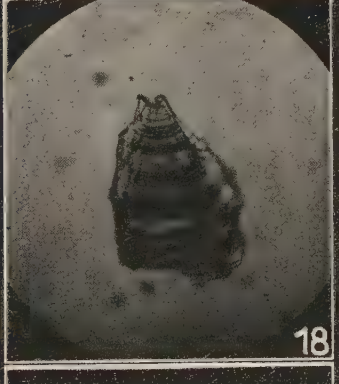
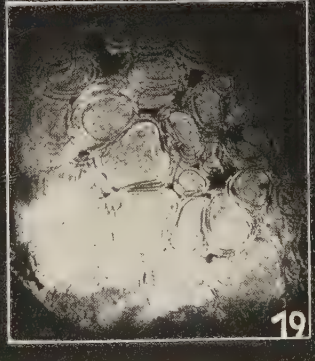
10

11

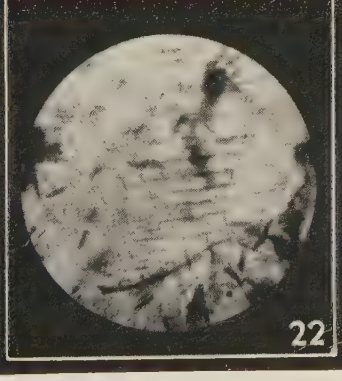
12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

L e b e n s l a u f .

Ich, Karl Helmut D a u b e r , wurde am 11.12.1900 zu F i n k e n b a c h (Rheinpfalz) als Sohn des prot.Pfarrers Albert Dauber und seiner Ehefrau Johanna, geb. Simon, geboren. Seit Dezember 1906 in L a n d s t u h l - Rheinpfalz wohnhaft, besuchte ich dort die Volks-, später die Lateinschule. 1916 bezog ich das Humanistische Gymnasium Kaiserslautern und erhielt dort 1920 das Zeugnis der Reife. Meine Gymnasialzeit war durch zweimaligen, freiwilligen Hilfsdienst und meine Militärzeit 1918 unterbrochen. Ich war beim 22.Inf.Regt.- 11. Inf.Division. Zwei Semester studie e ich Naturwissenschaften zu Heidelberg und ab Wintersemester 1921 Chemie an der Universität München. Nach dem Verbandsexamen arbeitete ich auf mineralogischem Gebiete bei den Herren Professoren H.S t e i n m e tz und B. G o s s n e r . Die vorliegende Arbeit wurde im W.S. 1925/26 begonnen und im W.S. 1926/27 fertiggestellt.